Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las plantas de manejo de residuos

Introducción

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión[1]. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web:

http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines.

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para el manejo de residuos abarcan aquellas instalaciones de proyectos dedicados a la gestión de los residuos sólidos municipales y de los residuos industriales, incluida su recolección y transporte; la recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de los residuos; la eliminación en vertedero;

1 Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

el tratamiento físico-químico y biológico; y proyectos de incineración[2]. Las actividades de manejo de residuos específicas de la industria aplicables, por ejemplo, a los residuos sanitarios, las aguas de alcantarillas municipales, hornos de cemento y otros residuos, así como la minimización y reutilización de los residuos en la fuente, se tratan en las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad del correspondiente sector industrial. Este documento está dividido en las siguientes secciones:

Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales
Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

[2] Este documento describe los métodos comerciales más comunes de manejo de residuos. No cubre otras actividades como el manejo de los residuos radioactivos, la coincineración en instalaciones de combustión o la inyección en pozo profundo.

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad más significativas asociadas al manejo de residuos que tienen lugar durante la fase operacional y de desmantelamiento, así como recomendaciones para mitigar estos impactos.

Por otra parte, en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se ofrecen recomendaciones sobre la gestión de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales durante la etapa de construcción, así como sobre otras cuestiones de la fase operacional, como el ruido, comunes a muchas actividades industriales.

1.1 Medioambiente

Los residuos sólidos municipales (RSM) suelen gestionarse por separado de los residuos industriales peligrosos y no peligrosos; así pues, los impactos ambientales asociados al manejo de RSM y de residuos industriales se tratan a continuación por separado.

1.1.1 Residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales (RSM) se definen por lo general como aquellos residuos (distintos de las aguas residuales y las emisiones a la atmósfera) generados dentro y normalmente recogidos por un municipio. La composición de estos residuos es extremadamente variable, dependiendo del nivel de ingreso y del estilo de vida de quienes los generan. Como se muestra en el Cuadro 1, los RSM incluyen basuras domésticas, residuos institucionales, barreduras de calles, residuos comerciales, así como escombros de construcción y demolición. Los RSM pueden contener papel y materiales de envasado; productos alimentarios; materiales de origen vegetal como son los detritos de depósito; metales; goma; textiles; y materiales potencialmente peligrosos como pilas, componentes eléctricos, pinturas, lejías y medicamentos. Los RSM también pueden contener cantidades variables de residuos industriales procedentes de pequeñas industrias, así como animales muertos y materias fecales. Los impactos ambientales y las medidas de mitigación asociadas aplicables a la recolección y transporte de RSM, a la recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos, al tratamiento biológico y a la eliminación en vertedero, se describen en apartados posteriores.

Cuadro 1 - Fuentes y tipos de residuos sólidos municipales

Fuente	Generadores de residuos típicos	Tipos de residuos sólidos
Residencial	Viviendas unifamiliares y multifamiliares	Residuos alimentarios, papel, cartón, plástico, textiles, cuero, residuos de patio, madera, cristal, metales, cenizas, residuos especiales (por ejemplo, mercancías voluminosas, productos electrónicos para el consumidor, bienes blancos, pilas, aceites, neumáticos) y residuos domésticos peligrosos
Industrial	Manufactura ligera y pesada, fabricación, obras, plantas de electricidad y químicas	Residuos domésticos, envases, residuos alimentarios, materiales de construcción y demolición, residuos peligrosos, cenizas, residuos especiales
Comercial	Tiendas, hoteles, restaurantes, mercados, edificios de oficinas	Papel, cartón, plástico, madera, residuos alimentarios, cristal, metales, residuos especiales, residuos peligrosos
Institucional	Colegios, hospitales, cárceles, organismos públicos	Los mismos que los comerciales
Construcción y demolición	Obras nuevas, reparación de carreteras, rehabilitaciones,	Madera, acero, hormigón, polvo, etc.

	demolición de edificios	
Servicios municipales	Limpieza de calles, ordenación paisajística, parques, playas y otras zonas de ocio, plantas de tratamiento de agua y de aguas residuales	Barreduras de calles; restos de las labores de paisajismo y de la poda de árboles; residuos generales procedentes de parques, playas y otras zonas de ocio; lodos de las plantas de tratamiento de agua y de aguas residuales
Proceso	Manufactura ligera y pesada, refinerías, plantas química, plantas eléctricas, extracción y procesamiento de minerales	Residuos de procesos industriales, material de chatarra, productos que no responden a las normas, escoria, relaves
Fuente: Banco Mundial (2005).		

Recolección y transporte de residuos

Vertidos de basura y clandestinos

Las causas de los vertederos de basura clandestinos en las áreas urbanas son la falta de basureros adecuados a lo largo de los senderos, la escasa conciencia pública sobre su responsabilidad como habitantes de la ciudad y la inadecuación de los servicios de recolección de basuras. La basura se arroja por todas partes y a menudo en los drenajes, mientras que el vertido de basuras clandestino se produce en solares, espacios públicos y cursos de agua. La acumulación de residuos puede atraer portadores de enfermedades, contribuir a la obstrucción de las redes de drenaje y alcantarillado, facilitar el acceso de los residuos de los animales y pájaros de las proximidades y contaminar los cursos de agua.

Las estrategias de manejo recomendadas para controlar los vertidos de basura y clandestinos incluyen:

- Fomentar la utilización de contenedores y bolsas para los residuos en el punto de recolección para cada hogar y establecimiento
- Implementar un calendario de recolección regular lo suficientemente frecuente como para evitar la acumulación de basura
- Utilizar vehículos que se adapten a las condiciones geográficas y los tipos de residuos para maximizar la fiabilidad de la recolección (por ejemplo, los camiones compactadores pueden ser apropiados para los vecindarios de calles anchas con residuos de baja densidad, mientras que los vehículos de menor tamaño pueden resultar apropiados para los barrios de calles estrechas y basuras de mayor densidad)
- Fomentar la separación de los materiales reciclables en el punto de generación, de modo que los puntos de recolección no se conviertan en puntos de selección para los recogedores de residuos del sector informal
- Cubrir los vehículos de recolección y transferencia a lo largo de todo el trayecto de transporte para evitar que la basura se esparza con el viento
- Limpiar los vehículos empleados para recoger residuos antes de transportar ninguna mercancía, incluido compost
- Alentar a los residentes a tirar los residuos en el momento y emplazamiento especificados
- Siempre que sea posible, bloquear el acceso a los vertederos y sancionar a quienes descargan vertidos ilegalmente

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera generadas durante la recolección y transporte de RSM incluyen polvo y bioaerosoles, olores y emisiones de vehículos.

Polvo, bioaerosoles y olores

El polvo puede incluir polvo molesto, polvo peligroso (por ejemplo, que contenga asbesto o sílice) y bioaerosoles (es decir, partículas en la atmósfera compuestas total o parcialmente por microorganismos). Los bioaerosoles constituyen un motivo de especial preocupación para la salud de los trabajadores empleados en plantas de residuos, ya que se ha demostrado que pueden reducir la función pulmonar y

aumentar las enfermedades respiratorias de quienes se encuentran en la inmediata proximidad de las actividades de barrido y recolección de residuos[3]. Las estrategias de manejo recomendadas para minimizar el polvo, los bioaerosoles y los olores incluyen:

- Establecer calendarios frecuentes de recolección de residuos
- Instituir un programa de lavado para los vehículos de recolección de residuos y para los contenedores de recolección y transferencia de residuos propiedad de la empresa
- Promover la utilización de bolsas para reducir los olores generados por la contaminación de la recolección de residuos y los equipos de transporte

Emisiones de vehículos

Las emisiones generadas por los vehículos en carretera pueden estar reguladas por programas nacionales o regionales. En ausencia de éstos, las medidas específicas para prevenir, minimizar y controlar las emisiones a la atmósfera de vehículos durante la recolección y transporte de residuos incluyen las siguientes:

- Optimizar las rutas de recolección de residuos para minimizar las distancias recorridas, así como el uso de combustible las emisiones globales
- Implementar estaciones de transferencia para los vehículos pequeños para reunir los residuos en vehículos de mayor tamaño con el fin de trasladarlos a una planta de tratamiento o eliminación
- Los propietarios y operadores de los vehículos dedicados a la recolección y transporte de residuos deben implementar las medidas de mantenimiento del motor recomendadas por los fabricantes de los equipos, así como su mantenimiento mecánico para garantizar el funcionamiento seguro del vehículo (incluida una presión adecuada de los neumáticos)
- Los conductores también deben recibir instrucción sobre los beneficios de las prácticas de conducción que reducen tanto el riesgo de accidentes como el consumo de combustible, incluida la aceleración y conducción medidas dentro de los límites de velocidad seguros (colaborar con los conductores de los camiones de basura puede ahorrar hasta un 25% de combustible y reducir el mantenimiento en un 15%).

Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen recomendaciones adicionales para la flota.

Recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos

Para garantizar un procesamiento, tratamiento y eliminación de los residuos seguros y eficaces y la calidad de los productos finales (por ejemplo, compost), es necesario controlar el flujo de residuos entrantes. Aunque los procedimientos pueden variar en función de la naturaleza del residuo y de los métodos de procesamiento necesarios, las medidas recomendadas incluyen:

- Evaluar visualmente, pesar y documentar las cargas de residuos entrantes
- Rechazar o, en caso de que la instalación esté equipada para procesar el residuo, segregar los materiales o residuos potencialmente peligrosos identificados (incluidos los residuos infecciosos), y gestionarlos como residuos peligrosos o infecciosos cuando proceda
- Analizar los materiales que se sospeche puedan ser peligrosos antes de aceptarlos de modo que sean segregados en función de su compatibilidad y puedan ser adecuadamente tratados y eliminados

3 Para más información, ver Cointreau, S. (2006).

- En caso de que sea posible, aislar los equipos de reducción de tamaño (por ejemplo, fragmentadoras o trituradoras) en un área a prueba de explosiones con la adecuada ventilación y descompresión para reducir los impactos de las posibles explosiones causadas por materiales como botellas de gas y líquidos inflamables que pueden estar presentes en los RSM. La inspección visual de los residuos entrantes, y los procedimientos de selección y eliminación, pueden minimizar este peligro potencial.
- Separar materiales secundarios recuperables para el reciclaje de los residuos orgánicos para compostaje en la medida de lo posible

Escorrentía contaminada

Los lixiviados originados en las pilas de residuos por exposición a la precipitación y los residuos líquidos de los propios residuos pueden contener materia orgánica, nutrientes, metales, sales, patógenos y sustancias químicas peligrosas. Si se permite su migración, los lixiviados pueden contaminar el terreno, las aguas superficiales y las aguas subterráneas, y causar otros impactos como la eutrofización y acidificación de las aguas superficiales y la contaminación del suministro de agua.

Las estrategias para el manejo de la escorrentía contaminada incluyen:

- Durante la selección de una ubicación para las instalaciones, tener en cuenta la proximidad de las áreas de manipulación y almacenamiento de los residuos con respecto a los pozos de suministro de agua de humanos y animales, los canales de irrigación y las masas de aguas superficiales que sirven de medio para la vida acuática, así como la capacidad para prevenir la entrada de lixiviados y drenaje contaminados en las aguas superficiales y subterráneas
- Utilizar materiales impermeables para carreteras, zonas de procesamiento y almacenamiento de los residuos y áreas de lavado de los vehículos, e instalar rebordes para evitar la escorrentía hacia zonas permeables
- Recoger la escorrentía y las aguas lixiviadas de las zonas empleadas para almacenar los residuos, y tratar las aguas de escorrentía de modo que se cumplan las normas ambientales aplicables antes de su descarga en aguas superficiales o en el sistema municipal de alcantarillado (por ejemplo, tamices para eliminar los materiales de mayor tamaño, instalar filtros de fango para extraer las partículas y extraer los líquidos con un separador de agua/aceite). La descarga en el sistema municipal de alcantarillado (por medio de conductos o camiones cisterna), en caso de que sea posible, es la opción preferida para la escorrentía procedente de las áreas de almacenamiento y manipulación de residuos
- Reutilizar el agua recolectada en los procesos en el emplazamiento en la medida de lo posible o almacenarla junto con los lixiviados recolectados y a la espera de su posterior tratamiento.

Además, las estrategias de manejo para la escorrentía contaminada procedente de los vehículos incluyen:

- Cubrir los contenedores durante el transporte
- Asegurarse de que los vehículos están diseñados para recolectar el drenaje y retenerlo en un contenedor colector hasta que los vehículos lleguen a un lugar para su descarga segura

Basura

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar la basura y los residuos sólidos durante la recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos son las siguientes:

- Proporcionar un almacenamiento adecuado a los residuos que no sean inmediatamente tratados o eliminados
- Implementar procedimientos adecuados de mantenimiento
- Considerar la posibilidad de usar zonas cerradas/cubiertas para el apilado, la trituración y la compactación de residuos, etc.
- Instalar estructuras y redes de captación para filtrar la basura esparcida por el viento.

Emisiones a la atmósfera

Para prevenir, minimizar y controlar las emisiones de vehículos y las emisiones de polvo, olores y bioaerosoles durante la recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos se recomiendan las siguientes medidas:

- Elegir vehículos y contenedores que minimicen las emisiones a la atmósfera durante la carga y descarga de residuos
- Diseñar puntos de entrega para minimizar la formación de colas de vehículos
- Barrer con frecuencia las zonas y carreteras de manejo de residuos y utilizar agua pulverizada para controlar el polvo cuando sea necesario
- Pretratar los residuos siempre que sea necesario (por ejemplo, solidificación, encapsulación o humidificación suficiente para reducir el polvo, pero sin formar lixiviados)
- Utilizar áreas de manipulación y almacenamiento de los residuos cerradas para los residuos malolientes o para los residuos que generan polvo peligroso (por ejemplo, asbesto). Las áreas de almacenamiento y manipulación cerradas son la opción preferida para todo tipo de residuos
- Utilizar un sistema de extracción para eliminar el polvo de las zonas de trabajo, edificios y depósitos de almacenamiento, y tratar como corresponda para controlar las emisiones de partículas (por ejemplo, bolsas filtrantes)
- Extraer, tratar o eliminar todos los residuos biológicos/malolientes de forma expedita
- Utilizar pulverizadores neutralizadores de olor cuando sea necesario
- Utilizar presión negativa en los edificios de procesamiento y dispositivos de filtración de aire (por ejemplo, biofiltros) para eliminar olores

Ruido y vibraciones

Las principales fuentes de ruido y vibraciones son el tráfico de camiones; los equipos de carga (por ejemplo, grúas, cargadoras), compactadores fijos, empacadoras, trituradoras y otros sistemas de tratamiento y transporte

Las estrategias recomendadas para el manejo del ruido incluyen:

- Construir una zona de separación entre la instalación y el entorno externo o ubicar las plantas lejos de los receptores sensibles
- Incluir provisiones relativas al ruido y las vibraciones durante el diseño, incluyendo el uso de modelos capaces de predecir los niveles de ruido en ubicaciones específicas sensibles al ruido, empleando niveles normalizados de potencia acústica para la construcción de la planta
- Mantener las carreteras de acceso en buenas condiciones para reducir el ruido y las vibraciones generados por el movimiento de vehículos
- Utilizar pantallas acústicas alrededor de las plantas y equipos fijos/móviles
- Seleccionar equipos con bajos niveles de emisión de ruido
- Instalar equipos silenciadores en la planta, por ejemplo deflectores/amortiguadores de ruido
- Utilizar los edificios para contener equipos de planta fijos intrínsecamente ruidosos (por ejemplo, ubicar los trituradores de residuos en la zona de vertido, que se

cerrará por todos sus lados) y considerar la posibilidad de emplear aislantes acústicos en la construcción.

Tratamiento biológico

El tratamiento biológico incluye el compostaje con otros materiales orgánicos para elaborar productos de mejoramiento del suelo [4] (es decir, tratamiento aerobio) y la digestión anaerobia. Para maximizar la utilización de los productos finales, no deben aceptarse aquellos residuos que contengan materia orgánica contaminada con sustancias químicas potencialmente peligrosas (por ejemplo, PCB, clordano y otros plaguicidas, metales pesados y metaloides) y/o sustancias y microorganismos patógenos (por ejemplo, priones, virus, bacterias y parásitos) que no puedan transformarse en materias inocuas durante el proceso o que puedan representar un riesgo para la salud o para el medio ambiente. Esto puede afectar ciertos residuos clínicos y otros residuos relacionados de origen clínico, así como carcasas de animales enfermos o contaminantes clasificados como peligrosos y residuos industriales[5].

Aguas lixiviadas y de escorrentía

Las aguas lixiviadas y de escorrentía procedentes de las zonas de almacenamiento y procesamiento de residuos pueden contener materias orgánicas (demanda bioquímica de oxígeno, DBO), fenoles, nitratos, fósforo, metales disueltos y otras sustancias contaminantes. En el procesamiento de madera tratada pueden hallarse los productos químicos conservantes de la madera, como la creosota y el arseniato de cobre, y sus productos de degradación. Los residuos municipales pueden contener materia fecal y sangre humana y animal que contienen una amplia gama de microorganismos portadores de enfermedades. Ciertos productos químicos de uso doméstico, como los plaguicidas, los disolventes, las pinturas, las baterías, los aceites usados, los productos farmacéuticos, etc., pueden poseer propiedades peligrosas.

Para prevenir, minimizar y controlar la generación y descarga de lixiviados de las operaciones de tratamiento biológico, se recomiendan las siguientes medidas:

- Instalar una capa de drenaje debajo del área de procesamiento para drenar adecuadamente los lixiviados de los materiales orgánicos compostados. Esta capa puede consistir en un lecho de material grueso, como por ejemplo virutas de madera, o bien incorporando de forma permanente a la plataforma de procesamiento una capa de drenaje diseñada para resistir la carga, manipulación y extracción del material. En las plantas de compostaje a pequeña escala, puede incorporarse un material adsorbente en el compost y en la base de la pila.
- Las zonas de la planta donde se procesa o se almacena el material deben disponer de un sistema de barreras para los lixiviados que forme una barrera segura entre las aguas superficiales, el suelo y el sustrato y los materiales orgánicos compostados o almacenados, así como sistemas para recolectar y tratar los lixiviados.
- Diseñar y mantener la pendiente y la orientación de las hileras y/o drenajes de lixiviados para facilitar el drenaje de los lixiviados hasta un drenaje colector y evitar el encharcamiento de los lixiviados; dar forma a las pilas y andanas para maximizar la escorrentía y así reducir la infiltración

[4] El compost consiste en materiales orgánicos que pueden utilizarse para el mejoramiento de suelos o como elemento para cultivar plantas. El compost maduro es un material estable que contiene el llamado humus, de color marrón oscuro o negro y con un olor a tierra. Puede formarse mediante la mezcla de residuos orgánicos (por ejemplo, recortes de jardín, residuos alimentarios, estiércol) en coeficientes adecuados en pilas, hileras o depósitos; se añadirán agentes de carga (por ejemplo, virutas de madera) cuando sea necesario para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos; y se deja que el material acabado se estabilice y madure plenamente mediante un proceso de curación (definido por la US EPA (http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/composting/basic.htm)).

[5] Para más información sobre el compostaje, ver el Capítulo 7 (Compostaje) de la Decision Maker's Guide to Solid Waste Management, Volumen II, EPA, 1995 (http://www.epa.gov/garbage/dmg2.htm)

- Almacenar los lixiviados en una cubeta revestida de tierra o en tanques de almacenamiento a nivel del suelo
- En la digestión anaerobia, maximizar el reciclado de aguas residuales en el reactor
- Medir el nivel de carbón orgánico total (COT), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno (N), fósforo (P) y cloro (Cl) en los flujos de entrada y salida desde el digestor anaerobio. En caso de precisar un mayor control del proceso o una producción de residuos de mayor calidad, será necesario llevar a cabo el seguimiento de parámetros adicionales.
- Operar un digestor anaerobio en condiciones de digestión termofílica con el fin de incrementar la destrucción de patógenos, la tasa de producción de biogás (y, por lo tanto, la recuperación de energía) y el tiempo de retención
- Mantener las condiciones de compostaje ideales, como[6]:
    - Carbón: ratio de nitrógeno (C:N) entre 25:1 y 35:1
    - Un contenido de humedad del 50 al 60 por ciento del peso total durante el tratamiento (e inferior al 50 por ciento para la comercialización posterior a la selección)
    - La compensación entre el tamaño de las partículas y el espacio vacío para acelerar la descomposición. En los sistemas aerobios, el espacio vacío será lo bastante grande como para alcanzar un nivel de oxígeno del 10 al 15 por ciento dentro de la pila
    - Niveles de temperatura óptimos que pueden oscilar entre 32 y 60 grados centígrados. La destrucción de patógenos puede llevarse a cabo alcanzando y manteniendo una temperatura de 55 grados centígrados durante tres días en un sistema de depósito de compostaje o durante 15 días en un sistema de hileras
    - pH entre 6 y 8

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera pueden consistir en emisiones directas de las chimeneas o en emisiones fugitivas asociadas a los procesos biológicos, así como en emisiones derivadas de la quema del biogás. Las emisiones directas a la atmósfera pueden incluir bioaerosoles, material/polvo particulado, amoniaco, aminas, compuestos orgánicos volátiles (COV), sulfuros, olores, etc. Para prevenir, minimizar y controlar las emisiones a la atmósfera derivadas del tratamiento biológico se recomiendan las siguientes medidas:

- Usar niebla de pulverización para mantener al mínimo el polvo, especialmente antes y durante la carga y otros procedimientos de manejo
- Utilizar equipos de volteo de hileras especialmente diseñados para minimizar las emisiones a la atmósfera en vez de cargadoras móviles o cargadoras transportadoras que dejan caer los residuos en las pilas
- En el caso de los residuos muy malolientes, utilizar tolvas de alimentación cerrada equipadas con una compuerta para el vehículo; para los residuos menos malolientes, utilizar puertas oscilantes rápidas automatizadas (los tiempos de apertura de las puertas se mantendrán siempre al mínimo) junto con un dispositivo adecuado para la recolección del aire de escape que provoque una depresión en la sala de tratamiento.
- Cerrar los drenajes de lixiviado para reducir la emisión de olores
- Minimizar el volumen de agua añadido al compost (por ejemplo, cubriendo el material de compostaje) para evitar condiciones anaeróbicas que pueden generar olor a sulfuro de hidrógeno si la mezcla de compost contiene sustancias con azufre

Las emisiones de combustión de biomasa o biogás dependen del tipo de material de biomasa y del método de combustión, y

[6] US EPA (1995).

pueden incluir material particulado, óxido de nitrógeno (NO_X), óxido de azufre (SO_X), monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y COV. Cuando se utiliza biomasa o biogás como combustible para generar electricidad, es necesario remitirse a los valores de referencia sobre emisiones contenidos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad y seleccionar las técnicas adecuadas de prevención y control de emisiones.

Incendios

Los residuos biodegradables pueden ser combustibles, y la degradación aerobia puede producir el calor suficiente como para provocar una combustión espontánea en ciertas condiciones. Los residuos pueden, en ciertas circunstancias, contener también cenizas y otros materiales fácilmente inflamables que se prenden en presencia del viento o al entrar en contacto con materiales inflamables. En los vertederos, la digestión anaerobia genera metano que puede arder si entra en contacto con una fuente de ignición dentro del propio vertedero o externa al mismo. El metano presente en el gas de vertedero puede quedar atrapado en cavidades subterráneas y mucho más si se trata de discontinuidades geológicas, planteando un riesgo de explosión.

Las estrategias recomendadas para prevenir y controlar incendios incluyen:

- Cuando se procede al compostaje, evitar aquellas condiciones que puedan provocar una combustión espontánea (por ejemplo, humedad entre 25 – 45 por ciento y temperaturas por encima de aproximadamente 93ºC. Esto puede lograrse, por ejemplo, manteniendo la altura de las hileras por debajo de los 3 m aproximadamente y volteándolas al superar los 60ºC de temperatura)
- Recolectar el biogás para su utilización o tratamiento (por ejemplo recuperación de energía o quema en antorcha)
- Instalar un sistema de alarma contra incendios, incluidos sensores de temperatura en los residuos que van a tratarse
- Diseñar las instalaciones de modo que los equipos de extinción de incendios puedan acceder a las mismas, incluyendo pasillos despejados entre las hileras y acceso a un suministro de agua adecuado

Plantas de incineración de RSM

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera derivadas de la incineración dependen de la composición específica de los residuos y de la existencia y eficacia de los sistemas de control de la contaminación atmosférica. Las emisiones contaminantes pueden incluir dióxido de carbono (CO_2), CO, NO_X, dióxido de azufre (SO_2, material particulado, amoniaco, aminas, ácidos (HCL, HF), COV, dioxinas/furanos, policlorobifenilos (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), metales (Hg), sulfuros, etc., dependiendo del contenido de los residuos y de las condiciones de combustión.

Para prevenir, minimizar y controlar las emisiones a la atmósfera se recomiendan las siguientes medidas:

- Llevar a cabo una segregación y/o preselección de los residuos para evitar la incineración de aquéllos que contengan metales y metaloides que puedan volatilizarse durante la combustión y ser difíciles de controlar mediante tecnologías de control de las emisiones a la atmósfera (por ejemplo, mercurio y arsénico)
- Seguir los requisitos nacionales aplicables y las normas internacionalmente reconocidas relativas al diseño del incinerador y a las condiciones operativas, principalmente el rápido enfriamiento del gas emitido tras abandonar las cámaras de combustión y antes de acceder a cualquier dispositivo de control de la contaminación del aire por

material particulado seco, aunque también se tendrá en cuenta la temperatura de combustión, tiempo de residencia y turbulencia[7]. La normativa sobre incineradores fijos aconseja aquéllos que cumplan los requisitos relativos a la temperatura y al enfriamiento del gas a su salida del quemador (es decir, capaces de reducir rápidamente la temperatura) para eliminar casi al completo dioxinas y furanos

- Introducir los residuos en el incinerador únicamente una vez que se haya alcanzado la temperatura óptima en la cámara de combustión final.
- El sistema de carga de residuos se conectará con el sistema de seguimiento y control de la temperatura para impedir la adición de residuos cuando la temperatura se sitúe por debajo de los límites requeridos
- Minimizar la entrada incontrolada de aire en la cámara de combustión mediante la carga de residuos o por otras vías
- Optimizar la geometría del horno y la caldera, la inyección del aire de combustión y, en caso de disponer de ellos, de los dispositivos de control de NO_X empleando la modelación de flujos
- Optimizar y controlar las condiciones de combustión mediante el control del suministro, distribución y temperatura del aire (oxígeno), incluyendo la mezcla de gas y oxidante; el control del nivel y la distribución de la temperatura de la combustión; y el control del tiempo de residencia del gas bruto
- Implementar procedimientos de mantenimiento y de otro tipo con el objetivo de minimizar las paradas planificadas y no planificadas
- Evitar aquellas condiciones operativas que excedan las requeridas para la efectiva destrucción de los residuos
- Utilizar quemador/es auxiliar/es durante la puesta en marcha y el cierre y para mantener las temperaturas operativas de combustión requeridas (en función del tipo de residuo) en todo momento cuando los residuos sin quemar se hallen en la cámara de combustión
- Utilizar una caldera para transferir la energía de los gases de escape y producir electricidad y/o suministrar vapor/calor, en caso de que sea posible
- Usar medidas de control primarias (relacionadas con la combustión) de NO_X y/o sistemas de reducción catalítica selectiva (RCS) o reducción no catalítica selectiva (RNCS) en función de los niveles de emisiones requeridos
- Utilizar un sistema de tratamiento de los gases de escape para controlar los gases ácidos, la materia particulada y otros contaminantes atmosféricos
- Minimizar la formación de dioxinas y furanos, asegurándose de que los sistemas de control de partículas no funcionen en el rango de los 200 a 400 grados centígrados de temperatura; identificando y controlando la composición de los residuos entrantes; utilizando controles primarios (de combustión); recurriendo a diseños y condiciones operativas que limiten la formación de dioxinas, furanos y sus precursores; y utilizando controles para los gases de escape
- Estudiar la aplicación de tecnologías de transformación de residuos en energía o de digestión anaerobia para ayudar a compensar las emisiones asociadas con la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles[8].

[7] Por ejemplo, según el Artículo 6 de la Directiva del Consejo de la UE 2000/76, el gas resultante del proceso de incineración se elevará después de la última inyección de aire de combustión a una temperatura de 850 grados centígrados (1.100 grados centígrados para residuos peligrosos con un contenido superior al 1% de sustancias orgánicas halogenadas) durante un período de dos segundos. Para más detalles sobre las condiciones operativas, consultar esta referencia. Otras fuentes sobre normas para las emisiones son las regulaciones de la EPA de los Estados Unidos sobre emisiones a la atmósfera procedentes de fuentes fijas en el 40 CFR Parte 60.

[8] La posibilidad de aplicar tecnologías de transformación de residuos en energía depende de una serie de factores que pueden incluir las especificaciones de diseño del proyecto establecidas por el gobierno local y las leyes aplicables a la generación y venta de electricidad. Asimismo, cabe mencionar que las opciones de reciclaje puede ahorrar a menudo más energía de la generada mediante la incineración de residuos sólidos mixtos en una planta de transformación de residuos en energía.

Cenizas y otros desechos

La combustión de residuos sólidos genera cenizas y otros materiales que quedan después de la incineración. Asimismo, el tratamiento de las aguas residuales procedentes del tratamiento de los gases de combustión (FGT) puede generar residuos sólidos.

Para prevenir, minimizar y controlar los residuos sólidos derivados de la incineración se recomiendan las siguientes medidas:

- Diseñar el horno para retener físicamente los residuos, en la medida de lo posible, dentro de la cámara de combustión (por ejemplo espaciado mínimo para las parrillas, hornos rotatorios o estáticos para residuos notablemente líquidos), y emplear tasas de producción de residuos que faciliten la suficiente agitación y tiempo de residencia de los residuos en el horno a temperaturas lo bastante altas, incluyendo las zonas de abrasamiento de ceniza, para alcanzar un valor de carbono orgánico total (COT) en la ceniza residual por debajo del 3 por ciento en peso y normalmente entre el 1 y el 2 por ciento en peso.
- Manejar la ceniza del fondo por separado de la ceniza volátil y otros residuos procedentes del tratamiento del gas de combustión para evitar la contaminación de la ceniza del fondo para su posible recuperación
- Separar los restos de metales férreos y no férreos de las cenizas de fondo de horno para su recuperación, en la medida en que sea factible y económicamente viable
- Tratar las cenizas de fondo de horno dentro o fuera del emplazamiento (por ejemplo, mediante el tamizado y la trituración) según lo que prescriban las especificaciones establecidas para su uso o bien en un lugar destinado a su tratamiento o eliminación (por ejemplo, hasta alcanzar un nivel de lixiviación de metales y sales que cumpla con las condiciones ambientales locales en el lugar donde vayan a emplearse)
- Gestionar las cenizas de fondo de horno y los desechos en función de su clasificación como peligrosos o no peligrosos. Las cenizas peligrosas deben ser manejadas y eliminadas como residuos peligrosos. Las cenizas no peligrosas pueden eliminarse en un vertedero de RSM o reciclarse como material de construcción[9].

Efluentes de agua

Los sistemas de refrigeración generan lodos procedentes de la torre de refrigeración y descritos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Además, el tratamiento de los gases de escape genera aguas residuales que deben ser tratadas y eliminadas.

Para prevenir, minimizar y controlar los efluentes de agua, las aguas residuales del tratamiento de gases de escape deben ser tratadas cuando sea necesario, por ejemplo, usando la filtración /coagulación, precipitación y filtración para eliminar los metales pesados, y neutralización.

Ruido

Las principales fuentes incluyen los ventiladores de escape y el ruido procedente del orificio de salida de la chimenea; los sistemas de refrigeración (para la refrigeración por evaporación y especialmente para la refrigeración del aire); y los generadores de turbina.

Las medidas para tratar los impactos acústicos se describen en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Otras medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar el ruido generado por las operaciones de incineración incluyen el uso de silenciadores en refrigeradores de aire y chimeneas siempre que sea necesario.

[9] EPA (http://www.epa.gov).

Vertido de residuos

Un vertedero controlado es una formación cuidadosamente y estructuralmente estable de celdas segregadas para residuos separadas por material procedente de la cubierta del suelo, cuya base y pendientes laterales están diseñadas para minimizar las infiltraciones y facilitar la recolección de lixiviados. Los vertederos son ubicados, diseñados y preparados para aislar los residuos del entorno circundante, particularmente de las aguas subterráneas. Los vertederos, incluso tras su cierre, requieren cuidados a largo plazo, incluido el mantenimiento del sistema de cierre, la recolección y tratamiento de los lixiviados, la recolección y quema o utilización del gas de vertedero, y la supervisión de las aguas subterráneas para garantizar que los residuos permanecen aislados. Así pues, el diseño del sistema deberá tener en cuenta los impactos sobre medio ambiente, salud y seguridad del desmantelamiento final y el cierre, sí como del funcionamiento y mantenimiento del vertedero a largo plazo. Los procedimientos de cierre específicos deberán centrarse en la integridad y seguridad del emplazamiento a largo plazo, preferentemente con un mínimo de mantenimiento.

Los operadores de vertederos, trabajando en coordinación con las autoridades reguladoras locales, deben investigar e implementar posibilidades de minimizar la eliminación en vertedero de aquellos residuos municipales que contengan metales (por ejemplo, mercurio) que puedan liberarse durante la trituración de materiales residuales. Cuando sea posible, deberá procederse a la segregación y preselección de estos materiales.

Emplazamiento de los vertederos

El emplazamiento del vertedero debe de tener en cuenta los posibles impactos asociados con escapes de sustancias contaminantes, incluyendo los siguientes factores[10]:

- Proximidad a zonas residenciales, de recreación, agrícolas o naturales protegidas, o al hábitat para la fauna o zonas frecuentadas por especies depredadoras, así como otros usos del suelo potencialmente incompatibles
  - La construcción de viviendas se realizará a más de 250 metros del perímetro de la celda del vertedero para minimizar el potencial de migración de las emisiones gaseosas subterráneas
  - Los impactos visuales se minimizarán mediante la evaluación de alternativas de localización
  - La ubicación se realizará a más de 3 km de los aeropuertos de turborreactores y a 1,6 km de un aeropuerto para aviones tipo pistón o según lo dispuesto por la autoridad aérea competente y teniendo en cuenta las amenazas posibles para la seguridad aérea debido a la atracción y presencia de aves
- Proximidad y uso de los recursos hídricos subterráneos y superficiales
  - Los pozos privados o públicos de suministro de agua potable, para el riego o para el ganado ubicados gradiente abajo con respecto a los límites del vertedero se alejarán más de 500 metros del perímetro del emplazamiento, a menos que existan fuentes alternativas de suministro de agua disponibles y económicas y que la construcción obtenga la aprobación de las autoridades normativas y comunidades locales
  - El área dentro de los límites del vertedero se ubicará fuera de la zona de recarga de aguas subterráneas de

[10] En Cointraeu (2004) y la Directiva del Consejo de la Unión Europea (1999) se ofrecen detalles adicionales sobre el emplazamiento.

10 años para el desarrollo del suministro de agua existente o pendiente.

- La corriente perenne no se ubicará en un radio de 300 metros gradiente abajo del lugar donde se pretende construir la celda de vertedero, a menos que la desviación, la construcción de puentes y la canalización sean económica y ambientalmente viables para proteger la corriente de la contaminación potencial.

- Geología e hidrogeología del emplazamiento.
  - Los vertederos se ubicarán en lugares de pendiente suave, aptos para la construcción utilizando el método de unión de celdas, con pendientes que minimizan la necesidad de realizar trabajos de explanación para obtener la pendiente adecuada de drenaje de lixiviados, de aproximadamente el 2%
  - El nivel superior estacional de la capa freática de las aguas subterráneas (es decir, el nivel máximo en 10 años) debería encontrarse al menos a 1,5 metros por debajo de la base propuesta para la excavación o preparación del terreno en el emplazamiento antes de construir la celda de vertedero
  - El emplazamiento dispondrá de material adecuado procedente de la cubierta del suelo para cumplir las necesidades de cubierta intermedia (un mínimo de 30 cm de profundidad) y final (un mínimo de 60 cm de profundidad), así como para la construcción por unión (para la operación de creación del vertedero por el método de celdas). Preferentemente, el emplazamiento contará con el suelo adecuado para satisfacer también las necesidades de cubierta (normalmente a un mínimo de 15 cm de profundidad del suelo)[11]

- Las posibles amenazas a la integridad del emplazamiento del vertedero originadas por riesgos físicos como son las inundaciones, corrimientos de tierra y terremotos:
  - Los vertederos se ubicarán fuera de las llanuras de inundación de 10 años y en caso de encontrarse en zonas de 100 años de inundaciones su diseño económico suprimirá las probabilidades de arrastre por la lluvia
  - No existirán riesgos significativos en términos sísmicos en la región del vertedero que puedan provocar la destrucción de bermas, drenajes y otras obras civiles o que requieran medidas de ingeniería innecesariamente costosas; de lo contrario, se ajustarán las pendientes laterales como corresponda para impedir los fallos en caso de registrarse actividades sísmicas
  - No existirán líneas de falla ni estructuras geológicas con fracturas significativas a 500 metros del perímetro del lugar propuesto para la construcción de la celda de vertedero que puedan dar pie a movimientos impredecibles de gas o lixiviados
  - No existirán formaciones subyacentes de caliza, carbonato, fisuradas o de otras rocas porosas que no sirvan como barreras a la migración de lixiviados y gas, donde las formaciones superan 1,5 metros de grosor y se presentan como la unidad geológica superior por encima de las aguas subterráneas sensible.

Generación de lixiviados

Los lixiviados de vertedero contienen componentes disueltos derivados de las aguas intersticiales en los residuos descargados, así como sus productos de degradación. También pueden contener algunos sólidos en suspensión, incluidos

[11] Las necesidades diarias de cubierta pueden satisfacerse ya sea mediante toldos desmontables, otros materiales relativamente inertes (por ejemplo, residuos de compost) o eliminando la cubierta de suelo colocada el día anterior al comienzo del día para reutilizarla al final de ese mismo día. En términos de ubicación, se necesitan al menos 1 metro cúbico de cubierta de suelo compactada diaria, intermedia y final por cada 6 metros cúbicos de desechos compactados.

patógenos. Si no se recogen y se tratan, los lixiviados pueden migrar del vertedero y contaminar el suelo, las aguas subterráneas y las aguas superficiales. El seguimiento de los lixiviados y el emplazamiento sirve para confirmar que los sistemas diseñados de vertedero aíslan de forma efectiva los residuos tanto durante la operación del vertedero como después de su cierre. Los lixiviados procedentes de un vertedero de RSM suelen registrar niveles muy altos de nitrógeno (como amoníaco), cloruro y potasio, así como sustancias orgánicas disueltas con demanda biológica y química de oxígeno.

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar la generación de lixiviados en los vertederos de RSM son las siguientes:

- Ubicar los vertederos en zonas con una geología estable y evitar su emplazamiento cerca de ecosistemas particularmente vulnerables o sensibles y recursos de agua subterráneos y superficiales
- Diseñar y operar el vertedero de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y las normas internacionalmente aceptadas para minimizar la generación de lixiviados, incluyendo el uso de revestimientos de vertedero de baja permeabilidad[12] para impedir la migración de lixiviados y gas de vertedero, un sistema de drenaje y recolección de lixiviados y una cubierta para el vertedero (diaria, intermedia y final) para minimizar las infiltraciones[13]
- Tratar los lixiviados en las propias instalaciones y/o descargarlos en un sistema municipal de aguas residuales. Los posibles métodos de tratamiento incluyen lagunas aireadas, lodos activados, digestión anaerobia, humedales artificiales, recirculación, filtración por membrana, tratamiento con ozono, lechos de turba, filtros de arena y extracción del metano
- Minimizar el frente de trabajo expuesto a diario y utilizar drenajes de perímetro y compactación de la celda de vertedero, pendientes y materiales de la cubierta diaria para reducir la infiltración de las lluvias en los residuos depositados
- Evitar la escorrentía de las precipitaciones en la zona activa del vertedero (por ejemplo, mediante el uso de bermas y otras desviaciones); los sistemas se diseñarán para manejar la descarga máxima de una tormenta en 25 años
- Recoger y controlar la escorrentía del área activa del vertedero; el sistema se diseñará para manejar la descarga de una tormenta de 24 horas en 25 años. Las aguas de escorrentía suelen ser tratadas junto con los lixiviados generados en la planta.

Seguimiento de las aguas subterráneas y lixiviadas

Las medidas recomendadas para el seguimiento de las aguas subterráneas y lixiviadas incluyen las siguientes:

- Medir y registrar la cantidad y calidad de los lixiviados generados. Los cambios en la cantidad o calidad de los lixiviados que no puedan atribuirse al clima o a otros factores pueden indicar alteraciones en el revestimiento, en la recolección de lixiviados o en los sistemas de cubierta del vertedero.

[12] Los sistemas de revestimiento para los vertederos de RSM pueden ser una combinación de barrera geológica con un revestimiento de fondo suprayacente y una capa de drenaje de lixiviados. Los requisitos de permeabilidad y grosor pueden oscilar entre una conductividad hidráulica de 1 x 10^{-7} centímetros/segundo para una capa de 0,6 metros de suelo compactado envuelto en un revestimiento de membrana flexible de 30-mil (60-mil en caso de estar hecho de polietileno de alta densidad (HDPE)) (ver las Regulaciones de la EPA de los EEUU, 40 CFR Parte 258) y un grosor de 1 metro y conductividad hidráulica de 1 x 10^{-9} metros/segundo para la barrera geológica combinada con el sistema de revestimiento con una capa de drenaje de 0,5 metros (ver la Directiva del Consejo de la Unión Europea 1999/31/CE de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos).

[13] Para criterios detallados adicionales de diseño, ver Convenio de Basilea, Guías sobre vertederos especialmente diseñados, Colección del Convenio de Basilea/SBC nº 02/03; la Regulaciones de la EPA de EEUU, 40 CFR Parte 258; y la Directiva del Consejo de la Unión Europea 1999/31/CE de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

- Instalar orificios de supervisión de las aguas subterráneas fuera del perímetro del vertedero y en lugares y a profundidades que permitan evaluar si los lixiviados migran desde el vertedero hasta la unidad superior de aguas subterráneas. Esta red de supervisión de las aguas subterráneas debería incluir normalmente como mínimo un orificio de supervisión ubicado en la dirección del flujo de aguas subterráneas gradiente arriba del vertedero y dos orificios de supervisión situados gradiente abajo. El sistema de supervisión de las aguas subterráneas se ajustará a las regulaciones nacionales aplicables y a las normas reconocidas internacionalmente.[14]
- Tomar muestras periódicas de los orificios de supervisión y analizar los componentes, seleccionados en base a:
  - Los tipos, cantidades y concentraciones de componentes en los residuos gestionados en el vertedero
  - La movilidad, estabilidad y persistencia de los componentes de los residuos y sus productos de reacción en la zona no saturada debajo del área de manejo de los residuos
  - La detección de los parámetros indicadores, componentes de los residuos y productos de reacción en las aguas subterráneas
  - Las concentraciones de componentes en las aguas subterráneas de base.

Emisiones de gas de vertedero

Los RSM contienen una proporción significativa de materia orgánica que produce distintos productos gaseosos al verterse, compactarse y cubrirse en los vertederos. El oxígeno en los vertederos se agota rápidamente, lo que resulta en la descomposición bacteriana anaerobia de los materiales orgánicos y en la producción de dióxido de carbono y metano principalmente. El dióxido de carbono es soluble en el agua y tiende a disolverse en los lixiviados. El metano, que es menos soluble en agua y más ligero que el aire, tiende a migrar fuera del vertedero, lo que resulta en gases de vertedero que suelen consistir en alrededor de 60 por ciento de metano y 40 por ciento de CO_2, con cantidades traza de otros metales. Algunos vertederos de RSM están diseñados para maximizar la degradación anaerobia y la producción de gas de vertedero, que puede quemarse para generar energía. Además, la operación de los vertederos puede generar polvo y olores. No se genera gas de vertedero, o se genera en cantidades inferiores, cuando el material residual es principalmente inerte, como los escombros de construcción.

Los métodos recomendados para controlar y supervisar las emisiones de gas de vertedero incluyen los siguientes:

- Disponer de un sistema de recolección del gas de vertedero diseñado y operado de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y con las normas internacionalmente aceptadas, incluyendo la recuperación y procesamiento previo al uso o la destrucción térmica mediante unas instalaciones eficaces de combustión en antorcha.[15] Impedir la acumulación de condensación en los sistemas de extracción disponiendo las tuberías para que vayan a descargar a un punto de extracción, como por ejemplo un separador.
- Utilizar el gas de vertedero como combustible en caso de que sea posible, o tratarlo antes de su descarga (por ejemplo, utilizando una antorcha cerrada o la oxidación

[14] Ver, por ejemplo, las regulaciones de la EPA de los EEUU, 40 CFR Parte 258 Subparte E.

[15] El diseño de la antorcha depende del tipo de sistema de antorcha, y puede incluir antorchas expuestas o cerradas. El tiempo de retención y la temperatura necesarias para alcanzar una combustión altamente eficaz del gas de vertedero oscila entre los 0,6-1,0 segundos a 850 grados centígrados a 0,3 segundos a 1.000 grados centígrados en antorchas cerradas. Las antorchas expuestas operan a temperaturas de combustión más reducidas. Para más información sobre las especificaciones técnicas para los sistemas eficaces de quema en antorcha, ver la Agencia Europea, el Reino Unido y la Agencia de Protección Ambiental Escocesa (Scottish Environment Protection Agency) (2002) y el Banco Mundial – ESMAP (2003).

térmica cuando el contenido en metano sea inferior al 3 por ciento por volumen).

- Usar sopladores de gas (propulsores) con suficiente capacidad para el rendimiento previsto en gas y fabricados con materiales adecuados para la dotación de gas de vertedero; los sopladores se protegerán por medio de interceptores de antorcha en el orificio tanto de entrada como de salida del gas.
- Instalar y tomar muestras periódicas de los pozos de perforación alrededor del vertedero para supervisar la migración del gas de vertedero.

También podrá considerarse la posibilidad de recurrir a la financiación del carbono, incluyendo las oportunidades de Implementación conjunta del país anfitrión de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Los métodos recomendados para controlar las emisiones de polvo y olores incluyen las siguientes:

- Compactar y cubrir rápidamente los residuos después de su descarga de los vehículos que los hayan transportado
- Minimizar la superficie frontal abierta de vertido de residuos
- Eliminar los lodos olorosos en zanjas cubiertas
- Restringir la aceptación de las cargas especialmente olorosas
- Restringir las actividades de vertido de residuos durante las épocas de climatología adversa (por ejemplo, cuando el viento sople hacia los receptores sensible)
- Sellar las cubiertas de los colectores de lodos
- Airear las zonas de almacenamiento de lixiviados

Basura

El viento, los vehículos y los parásitos pueden dispersar los RSM, atrayendo posiblemente a otros animales dañinos, contribuyendo a la transmisión de enfermedades y afectando negativamente a la fauna y a las comunidades vecinas.

Se recomiendan las siguientes medidas para prevenir, minimizar y controlar la dispersión de basura:

- Evitar la ubicación de instalaciones en zonas especialmente expuestas al viento
- Plantar, implementar paisajismo o vallar el perímetro para reducir el viento
- Inmovilizar los residuos mediante el uso de niveladoras y compactadores de vertedero inmediatamente después de la descarga de los vehículos de transporte de los residuos
- Utilizar materiales de cubierta del suelo o de origen artificial de modo que los residuos depositados no se muevan. La aplicación más frecuente de cubierta puede ser necesaria durante las épocas de fuertes vientos o en las zonas expuestas
- Usar técnicas de defensa o depredadores naturales para controlar a las aves carroñeras
- Proporcionar una zona de vertido de emergencia/celda de clima adverso para residuos ligeros como el papel
- Construir terraplenes y diques temporales inmediatamente adyacentes a la zona de vertido, instalar vallas móviles de captación en puntos estratégicos cercanos a la zona de vertido o en la cima más próxima a sotavento y /o cerrar por completo la zona de vertido dentro de un sistema móvil de red para la basura
- Instalar barreras contra el viento a barlovento en la zona de vertido para reducir la fuerza del viento cuando atraviese las instalaciones
- Cerrar las instalaciones temporalmente al paso de residuos o vehículos cuando las condiciones climatológicas sean particularmente adversas.

Cierre y fase posterior al cierre

Los operadores del vertedero deben elaborar un plan de cuidados para el cierre y la fase posterior al cierre de las instalaciones. Esta fase de planificación se llevará a cabo tan pronto como sea posible durante el ciclo del proyecto, de modo que los problemas potenciales del cierre y la fase posterior al mismo se incorporen a la planificación financiera y técnica. Las actividades de planificación del cierre y la fase posterior al mismo incluirán los siguientes elementos[16]:

- La elaboración de un plan de cierre que especifique los objetivos y controles ambientales necesarios (incluyendo las especificaciones técnicas), el uso futuro del suelo (definido tras consultar a las comunidades locales y entidades gubernamentales), el calendario de cierre, los recursos financieros y acuerdos de supervisión
- La evaluación, selección y aplicación de métodos de cierre coherentes con el uso posterior al cierre y que incluirán la colocación de una cubierta final para impedir los impactos adicionales para la salud humana y el medio ambiente
- La aplicación de componentes de la cubierta final que se ajuste al uso de la fase posterior al cierre y a las condiciones climáticas locales; la cubierta final proporcionará una protección ambiental a largo plazo al impedir el contacto directo o indirecto de los organismos vivos con los materiales residuales y sus componentes; minimizar la infiltración de las precipitaciones en los residuos y la subsiguiente generación de lixiviados; controlar la migración del gas de vertedero; y minimizar las necesidades de mantenimiento a largo plazo.
- Instrumentos financieros disponibles para cubrir los costos de cierre y su fase posterior y de seguimiento.

1.1.2 Residuos industriales peligrosos

Los *residuos peligrosos* pueden definirse así porque comparten las propiedades de un material peligroso (por ejemplo inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad) u otras características físicas, químicas o biológicas que, de no ser adecuadamente gestionadas, pueden suponer un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Los residuos pueden también ser definidos como "peligrosos" por las regulaciones locales o las convenciones internacionales, dependiendo del origen de los mismos y de su inclusión en los listados de residuos peligrosos.

Recolección y transporte de residuos

El transporte de residuos industriales peligrosos es una actividad especializada que requiere equipos apropiados y un personal adecuadamente capacitado. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen las medidas recomendadas para evitar vertidos y descargas durante el transporte de los residuos y para facilitar una respuesta de emergencia en caso de que se produzca un accidente. Otras recomendaciones específicamente aplicables a las operaciones de recolección y transporte de residuos peligrosos incluyen:

- Respetar los reglamentos nacionales aplicables y las normas internacionalmente aceptadas para el envasado, etiquetado y transporte de materiales y residuos peligrosos[17]
- Utilizar tanques y contenedores especialmente diseñados y fabricados para desempeñar funciones adecuadas para los residuos que albergarán
- En caso de utilizarse tambores y otros contenedores para transportar los residuos, éstos deberán estar en buenas condiciones y ser compatibles con el residuo en cuestión, fijándose de forma segura al vehículo de transporte

[16] Para más detalles sobre la planificación del cierre y su fase posterior, ver la Guide for Industrial Waste Management (http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/industd/guide.htm) de la EPA

[17] Ver, por ejemplo, las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas (Libro Naranja); Regulaciones del Departamento de Transporte de los EEUU en el 49 CFR Subtítulo B Capítulo 1.

- Señalizar adecuadamente todos los tanques y contenedores de transporte para identificar su contenido, peligros y medidas necesarias en distintas situaciones de emergencia

Recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos

Dados los posibles peligros intrínsecos de los residuos, es especialmente importante que las plantas de manejo de residuos industriales peligrosos comprendan y controlen la naturaleza de los residuos aceptados para su almacenamiento, tratamiento o eliminación. Un fallo en la identificación y clasificación adecuada de los residuos entrantes podría traducirse en un tratamiento o eliminación inadecuados o en reacciones no deseadas que podrían liberar sustancias peligrosas o provocar incendios o explosiones. Así pues, las medidas recomendadas para controlar los residuos entrantes y las medidas generales para mitigar los riesgos en las plantas donde se manejan residuos industriales peligrosos incluyen:

- Establecer y mantener una relación estrecha con el generador de los residuos para entender el proceso que los genera y para controlar todo cambio que pueda tener lugar en las características del proceso o de los residuos
- Se dispondrá en todo momento de personal en servicio suficiente con las cualificaciones requeridas. Todo el personal recibirá capacitación profesional específica.
- Gozar de una comprensión exhaustiva de los residuos entrantes. Este conocimiento tendrá en cuenta las propiedades de los residuos y su variabilidad, el origen de los mismos, el tratamiento y la eliminación planteados, la naturaleza de los residuos de desecho, si los hubiera, que puedan generarse durante el tratamiento y los riesgos potenciales asociados con el tratamiento y la eliminación de los residuos.
- Implementar un procedimiento de pre-aceptación que incluya, cuando proceda, un análisis de los residuos entrantes y documentación acerca del origen de los mismos (por ejemplo, los procesos que producen los residuos, incluyendo la variabilidad del proceso) y la identificación del tratamiento/forma de eliminación adecuados
- Implementar un procedimiento de aceptación que incluya, cuando corresponda, procedimientos para limitar la aceptación de los residuos únicamente a aquellos que puedan ser manejados eficazmente, incluyendo la eliminación o recuperación efectiva de desechos procedentes del tratamiento de residuos. Aceptar sólo los residuos en caso de que puedan garantizarse el almacenamiento, capacidad de tratamiento y eliminación necesarios de todos los desechos del tratamiento (por ejemplo los criterios de aceptación de los residuos producidos por otras instalaciones de tratamiento o eliminación). La planta receptora debe disponer de un laboratorio para analizar las muestras de los residuos entrantes a la necesidad requerida por las operaciones de la planta para determinar si los residuos son aceptables.
- En caso de tratamiento, analizar los residuos de acuerdo con los parámetros relevantes importantes para la instalación receptora (por ejemplo vertedero o incinerador).

Derrames y escapes

Los desbordamientos, los accidentes de vehículos y los fallos en tanques y tuberías pueden provocar escapes durante el almacenamiento y la manipulación de los residuos. Las medidas de mitigación, incluida la protección física, la protección frente a desbordamientos, la integridad de los tanques y la contención secundaria de éstos se tratan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Otras medidas recomendadas incluyen:

- Separar los residuos y materiales peligrosos de los no peligrosos
- Separar los residuos incompatibles, como por ejemplo ciertos residuos alcalinos y ácidos que, en caso de mezclarse, generarían gases tóxicos; mantener registros de las pruebas realizadas; almacenar los residuos en tambores o depósitos separados en función de su diferente grado de peligrosidad
- Cerrar las válvulas que controlan la transferencia de material y de residuos cuando no esté en uso
- Etiquetar adecuadamente los contenedores de residuos para incluir detalles sobre su contenido y registrar su ubicación en un sistema de rastreo
- Transferir o decantar sólo un tipo de material cada vez
- Capacitar y llevar a cabo ejercicios periódicos para el personal de la planta e materia de procedimientos de emergencia
- Proporcionar suficiente contención de agua para la extinción de incendios para evitar la descarga incontrolada de agua fuera del emplazamiento en caso de incendio

Incendios y explosiones

Los residuos industriales peligrosos pueden ser inflamables o reactivos; por consiguiente, cuando se manipula este tipo de residuos deben adoptarse precauciones especiales para evitar accidentes. Las medidas recomendadas para prevenir y prepararse para incendios y explosiones se presentan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Otras medidas recomendadas incluyen:

- Disponer de equipos de extinción de incendios apropiados para el tipo de residuos que se reciben en la planta
- Minimizar el almacenamiento de líquidos inflamables en el emplazamiento (por ejemplo combustible, residuos inflamables)
- Utilizar una atmósfera de nitrógeno para los líquidos orgánicos residuales de bajo punto de ignición almacenados en tanques
- Realizar las operaciones de trituración y fragmentado sometidas a la encapsulación total y en una atmósfera inerte o agotada en los tambores y contenedores que contengan sustancias inflamables o altamente volátiles
- Proporcionar una zona de vertido de emergencia para las cargas de residuos incendiadas o que planteen un riesgo inminente
- Elaborar y revisar anualmente una evaluación del riesgo de incendios.

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera pueden incluir escapes de material particulado y COV de los depósitos de almacenamiento y los equipos de procesamiento de los residuos. Las plantas de incineración de residuos peligrosos deben minimizar las filtraciones procedentes de los equipos de transferencia de residuos peligrosos (por ejemplo bombas, tuberías, etc.) mediante la implementación de un programa de detección y reparación de fugas[18]. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen otras recomendaciones para prevenir y controlar las emisiones de COV. Las recomendaciones para prevenir y controlar las emisiones también se describen en la sección dedicada a los RSM (arriba).

Efluentes de agua

Las operaciones de almacenamiento y procesamiento pueden generar agua de lavado y escorrentía procedentes de las áreas de manejo de los residuos. Las medidas generales de control de la escorrentía de describen en la sección dedicada a los RSM (arriba) y en las Guías generales sobre medio

[18] Para más información sobre los programas de prevención de las emisiones de COV, ver el 40 CFR Parte 264, Subpartes BB y CC (http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_99/40cfr264_99.html)

ambiente, salud y seguridad. Además, para prevenir, minimizar y controlar los efluentes de agua se recomiendan los siguientes métodos:

- Recoger y tratar el agua de lavado y la escorrentía procedente de las áreas de almacenamiento y manipulación de residuos como potencialmente peligrosas, a menos que las pruebas analíticas indiquen lo contrario;
- Segregar la escorrentía de las áreas en que se almacenan residuos incompatibles.

Tratamiento biológico y físico-químico

Los procesos de tratamiento biológico y físico-químico destruyen, separan, concentran o contienen materiales residuales con el fin de minimizar los posibles peligros para el medio ambiente, la salud y la seguridad, y para facilitar una gestión ambiental sólida de los residuos. Estos tratamientos suelen aplicarse a soluciones acuosas o lodos. Muchos de los procesos de tratamiento sólo son eficaces para ciertos tipos de residuos, y pueden verse amenazados por la presencia de compuestos de otras corrientes residuales; así pues, los procedimientos de aceptación de residuos discutidos arriba son especialmente importantes. Muchos de los procesos en este sector incorporan tecnologías de equipo sofisticadas que requieren personal altamente capacitado.

Los procedimientos generales recomendados para el tratamiento biológico se describen en la sección que trata sobre los RSM (arriba). Los procedimientos generales recomendados para prevenir, minimizar y controlar los posibles impactos ambientales derivados del tratamiento químico incluyen:

- Diseñar y operar las instalaciones de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y con las normas internacionalmente aceptadas[19]
- Elaborar un plan de control de calidad, que puede incluir una definición de las funciones, responsabilidades y cualificaciones del personal, procedimientos de inspección, documentación, etc.
- Definir claramente los objetivos y la reacción química prevista para cada proceso de tratamiento
- Evaluar todo nuevo conjunto de reacciones y las mezclas propuestas de residuos y reactivos en un ensayo a escala de laboratorio antes de proceder al tratamiento de los residuos
- Diseñar y operar específicamente la vasija del reactor para que cumpla su finalidad
- Vigilar la reacción de modo que esté bajo control y logre el resultado previsto.

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera asociadas con las operaciones de almacenamiento y transferencia de los residuos se tratan más arriba. Otras medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar las emisiones a la atmósfera incluyen:

- Cerrar los depósitos de tratamiento y reacción de modo que venteen al aire mediante un sistema adecuado de depuración o de reducción de emisiones a la atmósfera
- Instalar detectores de gas (por ejemplo adecuados para detectar HCN, H_2S, y NO_X) e implementar medidas de seguridad para evitar la fuga de gases potencialmente tóxicos
- Conectar el espacio de aire situado sobre los procesos de filtrado y deshidratación con el sistema principal de

[19] Ver, por ejemplo, Convenio de Basilea, Guías técnicas sobre el tratamiento físico-químico y el tratamiento biológico de los residuos peligrosos, Colección del Convenio de Basilea/SBC nº 02/09; regulaciones de la EPA de los EEUU en el 40 CFP Parte 264.

reducción de la contaminación aérea de la planta, en caso de que disponga de dichos sistemas.

Efluentes de agua

Las aguas residuales asociadas a los procesos biológicos y químicos incluyen aguas de escorrentía y lixiviadas (descritas arriba), residuos de control de contaminación y desechos residuales (por ejemplo, fracciones acuosas separadas de los residuos). Las medidas generales para controlar las aguas de escorrentía se describen la sección dedicada a los RSM (arriba) y en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los efluentes de agua incluyen:

- Añadir agentes de floculación al lodo y a las aguas residuales a tratar para acelerar el proceso de sedimentación y para facilitar la separación adicional de sólidos o, cuando proceda, emplear la evaporación (lo que evita el uso de agentes de floculación)
- Evitar la mezcla de residuos u otras corrientes que contengan metales y agentes complejantes

Desechos residuales

Los tratamientos biológicos y químicos suelen generar desechos residuales sólidos que deben eliminarse. Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los residuos sólidos incluyen:

- Restringir la aceptación de los residuos a tratar mediante solidificación / inmovilización a aquéllos que no contengan niveles elevados de COV, componentes olorosos, cianuros sólidos, agentes oxidantes, agentes quelantes, residuos con un elevado valor en COT y cilindros de gas comprimido
- Minimizar la solubilidad de los metales y reducir la lixiviación de sales solubles tóxicas mediante una combinación adecuada de lavado con agua, evaporación, recristalización y extracción de ácidos cuando se utiliza la inmovilización para tratar residuos sólidos que contienen compuestos peligrosos antes de su vertido.
- Dependiendo de las características físicas y químicas de los desechos residuales, solidificar, vitrificar, fundir o fusionar los residuos cuando sea preciso/necesario antes de su eliminación en vertedero.
- Evaluar la lixivialidad de los compuestos inorgánicos (por ejemplo, empleando los procedimientos de lixiviado del Comité Europeo de Normalización (CEN) o la EPA de los EEUU) de los residuos vertidos.

Incineración de residuos peligrosos

La incineración implica diversas operaciones de proceso integradas, incluido el control y preparación de la materia prima, la combustión y el manejo de los productos de combustión (por ejemplo, gases de escape y cenizas). La incineración reduce el volumen y peso de los residuos y destruye casi todos los compuestos orgánicos de éstos, pero también genera emisiones a la atmósfera y desechos residuales que deben ser adecuadamente manejados.

Para minimizar los posibles impactos sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad, deben tenerse en cuenta las siguientes medidas generales:

- Diseñar y operar los incineradores de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y las normas internacionalmente aceptadas[20]. Estas normas exigen por lo general una eficiencia de destrucción de entre el 99,99 y el 99,9999 por ciento, dependiendo de los riesgos que presente el residuo

[20] Ver, por ejemplo, Convenio de Basilea, Guías técnicas sobre incineración en tierra, Colección del Convenio de Basilea/SBC nº 02/04; Comisión Europea, Prevención y control integrados de la contaminación, Documento de referencia sobre mejores prácticas disponibles para la incineración de residuos, Agosto de 2006; y las Regulaciones de la EPA de los EEUU en 40 CFR Capítulo I Subparte O.

- Implementar procedimientos rigurosos de selección de los residuos de modo que sólo se acepten aquellos residuos que pueden ser eficazmente gestionados[21]
- Supervisar de forma continua los parámetros del incinerador, incluida la tasa de alimentación de los residuos, los hidrocarburos totales, la temperatura (medida al final de la zona de residencia), y el CO y el oxígeno (medidos en la chimenea)
- Instalar un sistema automático para evitar la carga de residuos peligrosos en el incinerador cuando las condiciones operativas se desvíen del rango aceptable (por ejemplo, durante la puesta en marcha y cierre o en condiciones alteradas)

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera dependen de la composición de los residuos utilizados y pueden incluir NO_X, SO_2, CO_2, metales, ácidos y productos de combustión incompleta, particularmente dibenzodioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados (PCDD y PCDF).

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar las emisiones a la atmósfera incluyen:

- Supervisar continuamente los niveles de CO y O_2 para verificar que se dan las condiciones de combustión adecuadas
- Supervisar estrechamente el contenido en cloro de los residuos cargados y la tasa de alimentación de éstos y otras posibles sustancias contaminantes
- Supervisar de forma periódica las concentraciones de PCDD, PCDF, otros productos de combustión y metales pesados en los gases de escape
- Reducir la generación y emisión de PCDD y PCDF, si/ cuando se incineran residuos que contengan cloro, garantizando el rápido enfriamiento de los gases emitidos y la adecuada turbulencia del gas de combustión, elevadas temperaturas, contenido adecuado en oxígeno y tiempo de residencia. Los sistemas de reducción de NOX también pueden reducir las emisiones de PCDD y PCDF
- Instalar controles de emisiones adicionales (por ejemplo, carbón activado) en caso necesario
- Tratar los gases de combustión para eliminar los metales y los gases ácidos (por ejemplo, mediante lavadores húmedos)
- Controlar las emisiones fugitivas de la zona de combustión (por ejemplo, sellando la zona de combustión o manteniendo su presión por debajo de la presión atmosférica)
- Minimizar las emisiones fugitivas de ceniza (por ejemplo, utilizar sistemas cerrados para manipular el material seco fino y contenedores cerrados para el traslado hasta el lugar de eliminación)
- Considerar la posibilidad de aplicar tecnologías de conversión de residuos en energía para ayudar a conservar los recursos y compensar las emisiones asociadas con la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles[22]

Efluentes de agua

Muchos dispositivos de control de la contaminación atmosférica utilizan agua para limpiar los gases y generan aguas residuales que contienen los contaminantes eliminados de los gases de escape. Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los efluentes de agua incluyen:

- Supervisar periódicamente las concentraciones de PCDD y PCDF si/ cuando se incineran residuos que contengan

[21] El mercurio debe ser excluido de la carga de residuos en la mayor medida posible.

[22] Como ya se ha mencionado, la posibilidad de aplicar tecnologías de transformación de residuos en energía dependerá de una serie de factores que pueden incluir las especificaciones del diseño del proyecto establecidas por el gobierno local y las leyes aplicables a la generación y venta de electricidad.

cloro, y otros productos de combustión y metales pesados en las aguas residuales

- Minimizar la descarga de aguas residuales de proceso en la medida de lo posible a la vez que se mantiene el control necesario de las emisiones a la atmósfera
- Tratar las aguas residuales antes de su descarga (por ejemplo, empleando la sedimentación, la precipitación y la neutralización de los metales).

Ceniza y desechos

Las cenizas del fondo del incinerador contienen óxidos metálicos y halidos, que pueden ser altamente solubles en agua (halidos) y constituir un residuo peligroso. Las cenizas volátiles pueden absorber los productos de combustión incompleta solubles en agua de los gases de escape. Por consiguiente, los contaminantes pueden filtrarse fácilmente desde los desechos residuales sin tratar procedentes de la incineradora.

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los residuos sólidos incluyen:

- Tratar la ceniza y otros desechos sólidos generados por la incineración de residuos industriales peligrosos como material peligroso, a menos que se demuestre que no lo son.
- Supervisar periódicamente las concentraciones de PCDD, PCDF, otros productos de combustión y metales pesados en los residuos de control de contaminación, y la ceniza y la escoria.
- Reducir las probabilidades de filtración de la ceniza residual (por ejemplo, mediante la solidificación o la vitrificación) antes de la eliminación final.

Vertido de residuos

Los componentes peligrosos en los residuos peligrosos industriales vertidos pueden llegar a migrar del vertedero en forma de lixiviados o en estado gaseoso. Así pues, en los vertederos que aceptan residuos industriales peligrosos son particularmente importantes los criterios de diseño y operación, de modo que los residuos permanezcan contenidos durante la vida útil del vertedero, incluso tras su cierre.

Las medidas generales recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los posibles impactos ambientales derivados del vertido de residuos industriales peligrosos incluyen:

- Diseñar y operar el vertedero de acuerdo con los requisitos nacionales aplicables y con las normas internacionalmente aceptadas[23]
- Dividir el vertedero en distintos compartimientos para separar los residuos con diferentes propiedades
- Mantener un registro de los residuos recibidos, incluida su procedencia, resultados analíticos y volumen
- Registrar en un mapa el emplazamiento y dimensiones de cada uno de los compartimientos del vertedero y la ubicación aproximada de cada tipo de residuo peligroso dentro del compartimiento.

Generación de lixiviados

Los controles de las aguas pluviales se describen en la sección dedicada al vertido de RSM (arriba) y en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Además, las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar la generación de lixiviados incluyen:

- Instalar un sistema de revestimiento, preferiblemente dotado de dos capas con un sistema de recolección de lixiviados por encima y entre los dos revestimientos, para evitar la migración de residuos fuera del vertedero a los terrenos subterráneos adyacentes o a las aguas superficiales o subterráneas en cualquier momento

[23] Ver, por ejemplo, Convenio de Basilea, Guías sobre vertederos especialmente diseñados, Colección del Convenio de Basilea/SBC nº 02/03; y las Regulaciones de la EPA de los EEUU, 40 CFR Capítulo I Subparte N.

durante la vida activa del vertedero o tras su cierre, mientras los residuos sigan siendo peligrosos. Los revestimientos deberían:

  - Fabricarse con materiales de escasa permeabilidad que tengan las propiedades químicas adecuadas y la suficiente resistencia y grosor para impedir los fallos provocados por las diferencias de presión, el contacto físico con los residuos o el lixiviado a los que están expuestos, las condiciones climáticas, la tensión de la instalación y la tensión de las operaciones diarias
  - Colocarse sobre unos cimientos o base capaz de proporcionar soporte al revestimiento y resistencia frente a las diferencias de presión por encima y por debajo del revestimiento para impedir el fallo de éste a causa de la sedimentación, la compresión o el levantamiento.
  - Instalarse para cubrir todo el terreno circundante que pueda entrar en contacto con los residuos o lixiviados

- Instalar un sistema de recolección y eliminación de lixiviados inmediatamente por encima del revestimiento superior para recoger y eliminar los lixiviados del vertedero de modo que la profundidad de los lixiviados por encima del revestimiento no exceda los 30 cm. El sistema de recolección y eliminación de los lixiviados debería:
  - Fabricarse con materiales químicamente resistentes a los residuos manejados en el vertedero y a los lixiviados que puedan generarse, materiales con fuerza y grosor suficientes para impedir el colapso provocado por la presión ejercida por los residuos suprayacentes, materiales de la cubierta de los residuos y equipos empleados en el vertedero
  - Diseñarse y operarse para funcionar sin taponarse hasta el cierre programado del vertedero.
- En un sistema de revestimiento doble, instalar un sistema de detección de fugas entre las dos capas de revestimiento. Dicho sistema de detección de fugas debe ser capaz de detectar, recoger y eliminar fugas de componentes peligrosos en el menor tiempo posible en todas las áreas del revestimiento superior que puedan estar expuestas a residuos o lixiviados
- Durante el cierre definitivo del vertedero o el cierre de cualquiera de sus celdas, cubrir el vertedero o celda con una cubierta final diseñada y fabricada con vistas a:
  - Minimizar en el largo plazo la migración de líquidos a través del vertedero cerrado
  - Funcionar con un mantenimiento mínimo
  - Favorecer el drenaje y minimizar la erosión o abrasión de la cubierta
  - Facilitar la sedimentación y la subsidencia para mantener la integridad de la cubierta
  - Disponer de una permeabilidad menor o equivalente a la permeabilidad de los sistemas de revestimiento inferior o subsuelos naturales

Seguimiento de las aguas subterráneas y lixiviadas

El seguimiento de las aguas subterráneas se trata en la sección dedicada a los vertederos de RSM, arriba. Además, las medidas recomendadas para la inspección y seguimiento de los lixiviados y el emplazamiento incluyen:

- Inspeccionar los revestimientos para comprobar la uniformidad, los daños y las imperfecciones existentes
- Inspeccionar el vertedero con regularidad (por ejemplo, después de las tormentas, todas las semanas durante la operación y cada tres meses después de su cierre) para detectar las señales de deterioro, malfuncionamiento u operación indebida de los sistemas de control de escorrentía, como por ejemplo la erosión de la cubierta final; el adecuado funcionamiento de los sistemas de control de dispersión por efecto del viento, cuando se disponga de ellos; y la presencia de lixiviados y el

funcionamiento adecuado de los sistemas de recolección y extracción de lixiviados

Gas de vertedero

Cuando se eliminan residuos biodegradables, puede generarse gas de vertedero. Este gas debe ser controlado y supervisado tal y como se describe en la sección dedicada a los vertederos de RSM (arriba).

Cierre y fase posterior al cierre

Como se indicaba anteriormente, los operadores de los vertederos deberán elaborar un plan para el cuidado de las instalaciones durante y después del cierre de las mismas (ver Residuos sólidos municipales – Vertederos).

1.1.3 Residuos industriales no peligrosos

Los *residuos industriales sólidos no peligrosos* se definen mediante la legislación nacional como residuos de origen industrial que no se ajustan a la definición de residuos peligrosos en cuanto a su origen específico en el proceso industrial o en sus características. Algunos ejemplos de residuos industriales no peligrosos son la basura, desechos o lodos procedentes de las plantas de tratamiento de residuos, el suministro de agua de las plantas de tratamiento o los centros de control de la contaminación en el aire, y otros materiales descartados, incluyendo materiales sólidos, líquidos, semisólidos o gaseosos contenidos generados durante operaciones industriales; materiales inertes de construcción / demolición; desechos, como por ejemplo fragmentos de metal y contenedores vacíos; y desechos residuales de las operaciones industriales, como la escoria, el clínker y las cenizas volátiles de las calderas.

Recolección y tratamiento de residuos

El transporte de residuos industriales no peligrosos requiere equipos apropiados y personal adecuadamente capacitado. Las medidas de mitigación descritas arriba para los residuos peligrosos son, en términos generales, aplicables a los residuos industriales no peligrosos. Otras medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los posibles riesgos ambientales asociados a la recolección y transporte de residuos son:

- No utilizar los vehículos y otros equipos empleados para la recolección de residuos industriales no peligrosos para la recolección de RSM sin antes eliminar los desechos residuales.
- No utilizar los vehículos y otros equipos empleados para la recolección de residuos industriales no peligrosos para distribuir mercancías (por ejemplo, el estiércol).

Recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos

Como ocurre con los RSM y con los residuos industriales peligrosos, las plantas que manejan residuos industriales no peligrosos deben comprender y controlar la naturaleza de los residuos que se aceptan para su almacenamiento, tratamiento o eliminación de modo que los residuos puedan manejarse de forma segura y eficaz. Los procedimientos de aceptación y análisis de residuos deben implementarse teniendo en cuenta la naturaleza y variabilidad esperada de los flujos de residuos entrantes, y generalmente deben ser similares a las medidas sugeridas para las plantas de manejo de residuos industriales peligrosos, descritas arriba.

Tratamiento biológico y físico-químico

El tratamiento de los residuos industriales no peligrosos puede ayudar a reducir el volumen y la toxicidad de los residuos antes de su eliminación. Además, el tratamiento puede permitir que los residuos sean aptos para su reutilización o reciclaje. Así

pues, las plantas que manejan residuos industriales no peligrosos pueden decidir aplicar un tratamiento. Por ejemplo, puede realizarse un tratamiento dirigido a una pequeña cantidad de emisiones de COV originadas en una unidad de manejo de residuos o bien una planta puede elegir el tratamiento de los residuos para poder utilizar un diseño de sistema de manejo de residuos menos riguroso. Los métodos de tratamiento y post-tratamiento de residuos pueden seleccionarse de modo que se minimice el impacto ambiental, teniendo en cuenta que los desechos derivados del tratamiento, como los lodos, son en sí mismos residuos que deben ser gestionados. En general, las medidas de mitigación recomendadas son similares a las de las plantas de tratamiento de residuos peligrosos, descritas arriba.

Incineración

La incineración puede plantearse en el caso de los residuos no peligrosos (incluidos los residuos sólidos y, especialmente, los líquidos), cuyo valor calorífico pueda recuperarse durante la incineración. Las medidas de mitigación recomendadas para las plantas de incineración de residuos industriales peligrosos, descritas arriba, se estudiarán y adoptarán en las instalaciones de incineración de materiales peligrosos cuando proceda, dependiendo de la naturaleza de la corriente entrante de residuos.

Vertido de residuos

Los vertederos de residuos industriales no peligrosos, al igual que otro tipo de vertederos, dependen del contenido de los residuos, incluida la recolección y tratamiento de los lixiviados (y, cuando proceda, de los gases) para controlar los peligros potenciales asociados con los residuos. Los vertederos de residuos industriales no peligrosos pueden aceptar un solo tipo de residuos (es decir, rellenos sanitarios exclusivos) o varios. La naturaleza de los residuos introducidos determinará si el diseño y controles son similares a los de los vertederos de RSM o a los de los vertederos de residuos industriales peligrosos. Además de las medidas descritas para los vertederos de RSM y de residuos industriales peligrosos, para prevenir, minimizar y controlar los posibles impactos ambientales asociados a los vertederos de residuos industriales no peligrosos se recomiendan las siguientes medidas:

- Respetar los requisitos locales y nacionales aplicables y las normas internacionalmente aceptadas para los vertederos de residuos industriales no peligrosos, incluidas las disposiciones sobre seguimiento[24]
- No eliminar los residuos putrescibles, a menos que la instalación esté equipada para manejar este tipo de residuos, y que los sistemas de recolección y tratamiento del gas de vertedero y los productos de degradación no interactúen con los demás residuos industriales de una forma que aumente su toxicidad o movilidad
- No eliminar líquidos, residuos explosivos, materiales radioactivos o nucleares o residuos sanitarios junto con residuos industriales no peligrosos o mediante su vertido
- Diseñar los sistemas de vertedero, incluyendo la selección de materiales para el revestimiento y la cubierta, para contener los residuos industriales y los productos de degradación
- Supervisar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en las proximidades de la planta de forma similar a la recomendada para las instalaciones de manejo de residuos industriales peligrosos
- Desarrollar y cumplir un calendario escrito de inspección para los equipos de seguimiento, los equipos de seguridad y emergencia, y los equipos

[24] Ver, por ejemplo, Convenio de Basilea, Guías sobre vertederos especialmente diseñados, Colección del Convenio de Basilea/SBC nº 02/03; regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA), 40 CFR Parte 257; y 30 Código Administrativo de Texas, Capítulo 335.

operativos y estructurales (como diques y bombas de residuos), que son importantes para prevenir, detectar o responder a los peligros potenciales para el medio ambiente o la salud humana

- Implementar un programa de formación para que el personal de la planta pueda reaccionar eficazmente ante situaciones de emergencia, familiarizándolo con los procedimientos de emergencia, los equipos de emergencia y los sistemas de emergencia

1.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Los impactos que la construcción y el desmantelamiento de las plantas de manejo de residuos tienen sobre la higiene y la seguridad en el trabajo son similares a los que se producen en otras grandes instalaciones industriales, y se tratan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Los impactos sobre la salud y la seguridad en el trabajo más significativos típicamente asociados a los trabajadores empleados en las plantas de manejo de residuos tienen lugar durante la fase operativa e incluyen:

- Accidentes y heridas
- Exposición química
- Exposición a patógenos y vectores

Accidentes y heridas

Los peligros físicos presentes en las plantas de manejo de residuos son similares a los de otros grandes proyectos industriales y se describen en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Los trabajadores que manejan residuos sólidos son particularmente propensos a sufrir accidentes con camiones y otra maquinaria móvil, de modo que se recomienda la instalación de sistemas de gestión del tráfico y controladores del tráfico. Los accidentes incluyen las caídas desde pilas de residuos inestables, el derrumbamiento de las superficies del lugar de descarga, incendios, explosiones, los enganches al equipo de procesamiento y el atropello por parte de equipos en movimiento. Otras lesiones son el resultado del levantamiento de cargas pesadas, el contacto con objetos afilados, quemaduras con sustancias químicas y agentes infecciosos. El humo, polvo y bioaerosoles pueden resultar en lesiones oculares, a los oídos y al sistema respiratorio[25].

Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen algunas de las medidas de mitigación para los accidentes y heridas. Además, se recomiendan los siguientes procedimientos para prevenir, minimizar y controlar accidentes y heridas en las plantas de manejo de residuos:

- En los vertederos, llevar a cabo la compactación de residuos en capas delgadas empleando equipos pesados y colocar material de cubierta ordinario sobre cada capa compactada de residuos, para que los incendios subterráneos en las celdas de residuos no puedan propagarse al resto del vertedero y provocar derrumbamientos de importancia
- Ventilar el gas de vertedero para que no se produzcan incendios y explosiones subterráneas
- Utilizar pendientes laterales máximas de 3:1 en zonas sin actividad sísmica e inferiores (por ejemplo, 5:1) en las zonas con actividad sísmica, disponiendo de un drenaje regular del agua que impida la incidencia de condiciones saturadas que resulten en la subsidencia de la pendiente
- Proporcionar a los trabajadores indumentaria protectora adecuada, guantes, máscaras respiratorias y calzado antideslizante para los trabajadores encargados de transportar los residuos y calzado de seguridad de suela dura para todos los trabajadores con el fin de evitar las heridas punzantes en los pies. Se dotará de protección

[25] Ver Cointreau. S. (2006) para más información.

contra el ruido a los trabajadores próximos a los equipos ruidosos. Los trabajadores próximos a equipos móviles pesados, cubos, grúas y a los puntos de descarga de los camiones de recolección de residuos dispondrán de cascos.

- Dotar a todos los equipos del vertedero de cabinas con aire acondicionado y protección antivuelco
- Dotar a los vehículos de recolección de desechos y equipos del vertedero de alarmas acústicas y luces visibles de marcha atrás
- Mejorar el almacenamiento de residuos sólidos en origen para que las cargas que vayan a recogerse estén adecuadamente contenidas y no sean excesivamente pesadas.
- Colocar conductos de escape en los vehículos de recolección de residuos de modo que los gases de escape no se liberen en la zona de respiración de los trabajadores en el pescante
- Diseñar las rutas de recolección con el fin de minimizar, o eventualmente eliminar, el cruce con tráfico en la dirección opuesta
- Proporcionar controles de accionamiento a dos manos de presión constante a los vehículos de recolección que dispongan de mecanismos de compactación
- Restringir el acceso a los lugares de descarga de modo que sólo el personal capacitado en seguridad y equipado con indumentaria protectora cuente con autorización para entrar en las zonas de alto riesgo
- Separar a las personas de los camiones que operan en las estaciones de reciclaje y transferencia
- Utilizar, en la medida de lo posible, sistemas automáticos para seleccionar y transferir los residuos con el fin de minimizar el contacto con los mismos
- Proporcionar instrumentos de comunicación (por ejemplo, radios) a los trabajadores. Se han desarrollado códigos de señalización especial para las comunicaciones en los vertederos.
- Minimizar la clasificación desde el suelo proporcionando cintas transportadoras y/o mesas para facilitar la clasificación
- Establecer normas de ingeniería y materiales para los requisitos de diseño de instalaciones especiales y equipos fijos que minimicen la exposición a los riesgos (por ejemplo, ventilación, aire acondicionado, cintas transportadoras cerradas, alturas reducidas para la carga y la clasificación, suelos antideslizantes, barandillas de seguridad en escaleras y pasos de tránsito, contención y protección de vertidos, control de ruido, supresión de polvo, sistemas de detección de gas, sistemas de alarma y control de incendios e instalaciones para la evacuación)

Exposición química

Los peligros químicos presentes en las instalaciones de residuos son similares a los de otras grandes instalaciones industriales, tales como gases tóxicos o asfixiantes, y se tratan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Sin embargo, a menudo se desconoce toda la composición de los residuos y sus posibles riesgos. Incluso los residuos sólidos municipales (RSM) contienen a menudo sustancias químicas peligrosas, como por ejemplo metales pesados procedentes de baterías usadas, instalaciones de alumbrado, pinturas y tintas.

Para prevenir, minimizar y controlar la exposición química en las instalaciones de manejo de residuos se recomiendan los siguientes procedimientos:

- Controlar y caracterizar los residuos que entran (ver recepción, descarga, procesamiento y almacenamiento de residuos)

- Proporcionar instalaciones adecuadas para el personal, incluidas zonas de lavado y zonas para cambiarse de ropa antes y después del trabajo
- Ventilar las áreas de procesamiento cerradas (por ejemplo, el polvo en las zonas de reducción de tamaño de los residuos, los COV emitidos a causa de las elevadas temperaturas durante el compostaje)
- Supervisar la calidad del aire en la zona de respiración en los lugares de trabajo de las instalaciones de procesamiento, transferencia y eliminación. Los instrumentos de lectura directa que miden el metano y la deficiencia en oxígeno son de importancia primordial; éstos incluyen indicadores de gas combustible, detectores de ionización de llama y medidores de oxígeno. En las instalaciones de tratamiento/eliminación de residuos, los compuestos orgánicos volátiles también se analizarán en los gases de biodegradación recogidos y/o venteados. En las instalaciones de manejo, clasificación y compostaje de residuos se debe llevar a cabo el seguimiento de polvo orgánico.
- Prohibir comer, fumar y beber excepto en las zonas reservadas al efecto.
- Cuando sea necesario, proporcionar cabinas con filtros de aire y aire acondicionado para todos los equipos pesados móviles empleados en los vertederos.

Polvo

El procesamiento de residuos puede generar polvo molesto y polvo peligroso, incluido polvo orgánico. Las medidas de control descritas en la Sección 1.1 (arriba) pueden ayudar también a reducir la exposición de los trabajadores al polvo. Las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen medidas generales para mitigar el polvo.

Patógenos y vectores

Los trabajadores pueden estar expuestos a los patógenos presentes en el estiércol y las excretas de animales en los RSM procedentes de la descarga de lodos, carcasas, pañales y restos de patios que contengan residuos de animales domésticos. Los vertidos no controlados de RSM atraen ratas, moscas y otros insectos que pueden transmitir enfermedades. El procesamiento de los RSM también puede generar bioaerosoles y suspensiones de partículas en la atmósfera compuestas total o parcialmente por microorganismos (como bacterias, virus, mohos y hongos). Estos microorganismos pueden permanecer suspendidos en el aire durante períodos prolongados, conservando su viabilidad o infecciosidad. Los trabajadores también pueden estar expuestos a endotoxinas, producidas dentro de un microorganismo y liberadas al destruirse la célula, pudiendo ser transportadas por partículas de polvo en el aire.

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar patógenos y vectores son las siguientes:

- Proporcionar y exigir el uso de indumentaria y equipos de protección personal adecuados
- Supervisar la vacunación (por ejemplo, contra la Hepatitis B y el tétano) y la salud de los trabajadores
- Mantener unas buenas operaciones de servicio en las zonas de procesamiento y almacenamiento de residuos
- Utilizar métodos de manipulación de los residuos automáticos (no manuales), siempre que sea posible.
- En los vertederos, colocar, compactar y cubrir rápidamente los residuos en las celdas definidas, especialmente en el caso de los residuos que puedan atraer parásitos y moscas, como son los residuos alimentarios (especialmente los subproductos de origen animal admitidos en la planta) y residuos de curtiduría
- Limpiar y lavar con desinfectante las cabinas de los equipos pesados móviles utilizados a intervalos regulares

- Para el compostaje, mantener las condiciones aerobias y temperaturas adecuadas en las hileras. Aislar a los trabajadores de los elementos de dispersión de esporas en el proceso de compostaje, como por ejemplo el volteo mecánico (por ejemplo, utilizando tractores o cargadoras frontales dotados con cabinas con aire acondicionado o calefacción). Se optará por los sistemas de aireación antes que por el volteo manual.
- Mantener una temperatura y un tiempo de retención adecuados en los sistemas de tratamiento biológico para lograr la destrucción de los patógenos (por ejemplo, 55ºC durante al menos 3 días consecutivos en el caso de la mayoría de las situaciones de compostaje y de 55ºC durante 15 días en hileras)
- Nivelar la zona adecuadamente para impedir el encharcamiento (y minimizar las zonas de reproducción de insectos)
- Usar métodos integrados de control de plagas para controlar los niveles de parásitos, tratando las zonas infestadas, como son los frentes y los costados expuestos con insecticida cuando sea necesario.
- Proporcionar y exigir el uso de máscaras o respiradores para el polvo en condiciones secas y polvorientas (por ejemplo, durante el volteo del compost). Los respiradores con carbón vegetal también reducen la percepción de olores.
- Proporcionar cuidados médicos inmediatos para cortes y golpes. Cubrir las heridas abiertas para impedir el contacto con las cargas o materias primas entrantes
- Cerrar totalmente el lugar de manejo de residuos con vallas que impidan que el ganado o la fauna entren en contacto con los residuos, que podrían permitir la propagación de enfermedades del ganado y zoonóticas, así como la propagación de enfermedades para la fauna. Proporcionar una cubierta diaria para los residuos, minimizando así la atracción de aves, que puedan infectarse con la gripe aviar y otras enfermedades que luego podrían propagarse fuera del emplazamiento.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los riesgos que la construcción de las plantas de manejo de residuos entrañan para la higiene y la seguridad en el trabajo pueden incluir emisiones derivadas de los residuos sólidos y cuestiones relacionadas con las obras que se analizan en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad.

Los impactos sobre la salud y seguridad de la comunidad durante las fases de operación y de desmantelamiento de las plantas de manejo de residuos pueden incluir:

- Cuestiones generales relativas a la salud ocupacional y ambiental asociadas con la recuperación de residuos
- Peligros físicos, químicos y biológicos
- Basura
- Ruido
- Polvo y olores

Cuestiones generales de higiene ocupacional y ambiental asociadas con la recuperación de residuos

En los países en desarrollo, es habitual la presencia de trabajadores del sector informal que faenan en los vertederos municipales o de residuos mixtos en busca de productos con valor comercial. Las causas y la dinámica de este fenómeno son consecuencia de complejos factores sociales, culturales, laborales y económicos que quedan fuera del alcance del presente documento. No obstante, para manejar los riesgos profesionales y los riesgos que puedan afectar a la salud y la seguridad de los trabajadores informales deben tenerse en cuenta los siguientes principios:

- La recuperación de residuos no debe permitirse bajo ninguna circunstancia en las plantas que manejan residuos industriales peligrosos y no peligrosos.
- Las instalaciones dedicadas a la gestión de RSM deben cooperar con los organismos públicos en el desarrollo de una infraestructura simple que permita la clasificación de residuos, ayudando a los grupos de recuperadores a formar cooperativas u otras formas de microempresas, o contratándoles formalmente para desempeñar esta función. Se evitará la expulsión en el acto de los trabajadores recuperadores como estrategia de higiene y seguridad ocupacional sin plantear otras alternativas viables.
- Los operadores en las plantas existentes que cuenten con trabajadores recuperadores deberán recurrir a medios comercialmente viables para formalizar su labor mediante la creación de programas de manejo que incluyan:
  - Autorizar la entrada en el emplazamiento sólo a adultos inscritos, excluyendo a niños y animales domésticos. Buscar alternativas para proporcionar el acceso a guarderías y a la educación infantil
  - Proporcionar indumentaria protectora, como calzado, máscaras y guantes
  - Distribuir el espacio y proporcionar instalaciones de clasificación que mejoren en acceso a los residuos reciclables, reduciendo al mismo tiempo su contacto con otras operaciones, y así minimizar los riesgos potenciales
  - Proporcionar el suministro de agua necesario para el lavado y las zonas para el cambio de indumentaria
  - Implementar campañas educativas sobre saneamiento, higiene y cuidado de los animales domésticos
  - Proporcionar un programa de supervisión de la salud de los trabajadores que incluya la vacunación y las revisiones médicas periódicas

Peligros físicos, químicos y biológicos

Los visitantes e intrusos en las instalaciones de manejo de residuos pueden estar expuestos a muchos de los riesgos descritos para los trabajadores del emplazamiento. En especial los recolectores de residuos que buscan materiales reciclables y restos de comida para piensos animales trabajan con frecuencia informalmente en las plantas de transferencia y eliminación, y sobre todo en las instalaciones dedicadas a los RSM, y que suelen vivir junto al emplazamiento en condiciones míseras de vivienda, con la infraestructura básica mínima en términos de agua limpia y saneamiento. Los recolectores de residuos pueden enfrentarse a numerosos riesgos, incluyendo el contacto con heces humanas, papel que puede estar saturado de materiales tóxicos, botellas con residuos químicos, contenedores metálicos con plaguicidas y disolventes residuales, agujas y vendas (que contienen organismos patógenos) de hospitales y baterías que contienen metales pesados. Los humos de escape procedentes de los camiones de recolección de residuos que circulan hasta y desde los lugares de vertido, polvo de las operaciones de vertido y la quema al aire libre de los residuos contribuyen a los posibles problemas de higiene ocupacional[26].

Las medidas recomendadas para prevenir, minimizar y controlar los peligros físicos, químicos y biológicos para la comunidad incluyen:

- Restringir el acceso a las plantas de manejo de residuos implementando procedimientos de seguridad como:
  - Vallar el perímetro a una altura adecuada y con el material apropiado (como, por ejemplo, una empalizada con alambrada para evitar la entrada de ganado)

[26] Sandra Cointreau, el Grupo del Banco Mundial, Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management Special Emphasis on Middle- and Lower-Income Countries, Urban Papers UP-2, julio de 2006.

- Los edificios y la entrada al emplazamiento se dotarán de un acceso cerrado con llave
- Siempre que sea necesario, instalar cámaras de seguridad en los puntos de acceso clave conectadas con equipos de grabación y con circuitos cerrados de televisión de acceso remoto
- Instalar alarmas de seguridad adaptadas a los edificios y áreas de almacenamiento
- Revisar las medidas de seguridad de las instalaciones todos los años o siempre que se tenga constancia de un fallo de seguridad
- Utilizar un registro de visitantes de la planta
- Reparar inmediatamente las vallas/puntos de acceso dañados
- Iluminar las instalaciones durante la noche en caso necesario. Dado que esta medida puede causar molestias a los vecinos, debe elegirse unos dispositivos de iluminación que minimicen la contaminación ambiental lumínica.

Basura

La dispersión de la basura sin recoger más allá de los límites de las instalaciones de manejo de residuos por efecto del viento, los parásitos y los vehículos puede propagar directamente las enfermedades; atraer a ratas, moscas y otros vectores; y exponer a la comunidad a sustancias peligrosas. Las aves carroñeras, como las gaviotas y los cuervos, se congregan a menudo en los vertederos que contienen residuos domésticos. Remueven los residuos recién vertidos y parcialmente cubiertos en su búsqueda de alimentos, lo que lleva a quejas por parte de los residentes y propietarios de los alrededores por los restos de comida, las heces y otros residuos dispersos fuera del vertedero. La Sección 1.1. describe el control de basuras (arriba).

Ruido

El ruido suele proceder de los equipos de procesamiento y tratamiento de residuos, así como del tráfico de vehículos dentro de las instalaciones y de aquéllos que transportan residuos desde y hasta la planta. Las fuentes de ruido y las medidas de reducción del mismo se describen en la Sección 1.1 (arriba) y en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Además, los operadores de la planta coordinarán el horario de operación con los usos del suelo adyacente.

Polvo y olores

El polvo y los olores generados por las plantas de manejo de residuos pueden causar molestias a las comunidades vecinas. El polvo orgánico también puede portar microorganismos que provoquen enfermedades. Los procedimientos para controlar el polvo y los olores se describen en la Sección 1.1 y en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad. Además, se recomiendan las siguientes medidas para prevenir, minimizar y controlar la exposición de la comunidad al polvo y los olores procedentes de las plantas de manejo de residuos:

- Proporcionar zonas adecuadas de protección, como son colinas, árboles o vallas, entre las zonas de procesamiento y los posibles receptores.
- Evitar el emplazamiento de las instalaciones junto a comunidades densamente pobladas e instalaciones con receptores potencialmente sensibles, tales como hospitales y escuelas. Ubicar las instalaciones a sotavento de los receptores potenciales siempre que sea posible.

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medioambiente

Emisiones y efluentes

Los Cuadros 1 a 4 presentan ejemplos de normas sobre emisiones y efluentes para las plantas de manejo de residuos de la Unión Europea y de Estados Unidos para este sector[27]. Dichas cantidades de emisiones y efluentes pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas y utilizadas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento. Estos niveles deben alcanzarse en todo momento tal y como se describe en las normas arriba mencionadas. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recolección de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Estos niveles se deben lograr, sin dilución, al menos el 95% del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

2.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Guías sobre higiene y seguridad en el trabajo

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre la materia que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH), los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA), los valores límite indicativos de

[27] Se debe consultar directamente a las fuentes para la información más actualizada.

exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea u otras fuentes similares.

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido).

Seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

Cuadro 1. Normas sobre emisiones a la atmósfera para los incineradores de RSM en la UE y EEUU

Parámetro	UE	EEUU[a]
Partículas en suspensión totales	10 mg/m3 (promedio 24-hr)	20 mg/dscm
Dióxido de azufre (SO_2)	50 mg/m3 (promedio 24-hr)	30 ppmv (o reducción del 80%)[b]
Óxidos de nitrógeno (NO_X)	200 – 400 mg/m3 (promedio 24-hr)	150 ppmv (promedio 24-hr)
Opacidad	n/d	10%
Ácido clorhídrico (HCl)	10 mg/m3	25 ppmv (o reducción del 95%)[b]
Dioxinas y furanos	0,1 ng TEQ/m3 [promedio 6 – 8 hr]	13 ng/dscm (masa total)
Cadmio	0,05 – 0,1 mg/m3 [promedio 0,5 – 8 hr]	0,010 mg/dscm
Monóxido de carbono (CO)	50 – 150 mg/m3	50 – 150 ppmv[c]
Plomo (Pb)	(Ver Metales totales, debajo)	0,140 mg/dscm
Mercurio (Hg)	0,05 – 0,1 mg/m3 [promedio 0,5 – 8 hr]	0,050 mg/dscm (o reducción del 85%)[b]
Metales totales	0,5 – 1 mg/m3 [promedio 0,5 – 8 hr]	n/a
Fluoruro de hidrógeno (HF)	1 mg/m3	n/a

Fuentes:
- Directiva 2000/76/CE de la UE (aplicables a las plantas incineradoras de RSM y residuos peligrosos)
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Standards of Performance for Large Municipal Waste Combustors, 40 CFR Part 60 Subpart Eb.

Notas:
a Todos los valores corregidos al 7% de oxígeno
b La menos rigurosa
c En función del tipo de unidad: quema en masa en hornos con aire en defecto y en exceso—50 ppm (en un promedio de 4 horas); hornos de parrilla, hornos refractarios y de lecho fluidizado —100 ppm (en un promedio de 4 horas); horno de parrilla rotatorio —100 ppm (promedio de 24 horas); quemador de carbón pulverizado/mixto de combustible derivado de residuos y gasóleo—150 ppm (promedio de 4 horas); cargador de combustible derivado de residuos y cargador esparcidor de carbón/quemador mixto de combustible derivado de residuos y gasóleo—150 ppm (promedio de 24 horas).
mg/m3 = miligramos por metro cúbico; mg/dscm = miligramos por metro cúbico estándar seco; ppmv = partes por millón por volumen; TEQ = unidades de equivalentes tóxicos.

Cuadro 2. Normas sobre emisiones a la atmósfera para los minincineradores de residuos peligrosos en la UE y en EE.UU.

Parámetro	UE	EE.UU. [a]
Material particulado	Ver Cuadro 1	1,5 mg/dscm
Monóxido de carbono (CO) o hidrocarburos (HC)	Ver Cuadro 1	100 (CO) ppmv 10 (HC) ppmv
Cloro total (HCl, Cl_2)	Ver Cuadro 1	21 ppmv
Mercurio (Hg)	Ver Cuadro 1	8,1 µg/dscm
Metales semivolátiles (Pb, Cd)	Ver Cuadro 1	10 µg/dscm
Metales de baja volatilidad (As, Be, Cr)	Ver Cuadro 1	23 µg/dscm
Dioxinas y furanos	Ver Cuadro 1	0,11 DCCA o CCR seco 0,20 otras fuentes (ng TEQ/dscm)
Eficacia de destrucción y eliminación	Ver Cuadro 1	99,99% – 99,9999%

Fuente:
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. National Emission Standards for Commercial and Industrial Solid Waste Incineración Units, 40 CFR Part 63 Subpart EEE.
Notas:
a Todos los valores corregidos al 7% de oxígeno
TEQ = equivalentes tóxicos; DCCA = dispositivo de control de la contaminación atmosférica; CCR = caldera de recuperación de calor residual; mg/m3 = miligramos por metro cúbico; mg/dscm = miligramos por metro cúbico estándar seco; ppmv = partes por millón por volumen.

Cuadro 3. Normas sobre emisiones a la atmósfera para los incineradores de residuos industriales no peligrosos en la UE y en EEUU

Parámetro	UE	EE UU[a]
Opacidad	Ver Cuadro 1	10%
Material particulado	Ver Cuadro 1	70 mg/dscm
Monóxido de carbono (CO)	Ver Cuadro 1	157 ppmv
Óxidos de nitrógeno (NO_X)	Ver Cuadro 1	388 ppmv
Dióxido de azufre (SO_2)	Ver Cuadro 1	20 ppmv
Cloruro de hidrógeno (HCl)	Ver Cuadro 1	62 ppmv
Cadmio (Cd)	Ver Cuadro 1	4 µg/dscm
Plomo (Pb)	Ver Cuadro 1	40 µg/dscm
Mercurio (Hg)	Ver Cuadro 1	470 µg/dscm
Dioxinas y furanos	Ver Cuadro 1	0,41 ng TEQ/dscm [b]

Fuente:
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. National Emission Standards for Commercial and Industrial Solid Waste Incineración Units , 40 CFR Part 60 Subpart CCCC.
Notas:
a. Todos los valores corregidos al 7% de oxígeno. Basados en un promedio de 3 pasadas (promedio para la muestra de 1 hora de tiempo por pasada), exceptuando la opacidad, que se basa en promedios de 6 minutos.
mg/m3 = milígramos por metro cúbico; mg/dscm = milígramos por metro cúbico estándar seco; ppmv = partes por millón por volumen; TEQ = equivalentes tóxicos.

Cuadro 4—Normas sobre efluentes para los vertederos en EEUU					
Parámetro	Unidades	Valores indicativos			
		Vertederos de residuos peligrosos		Vertederos de RSM	
		Diario Máx	Mensual Promedio	Diario Máx	Mensual Promedio
DBO_5		220	56	140	37
PH		6-9	6-9	6-9	6-9
Sólidos en suspensión totales	mg/L	88	27	88	27
Amoniaco (as N)	mg/L	10	4,9	10	4,9
Arsénico	mg/L	1,1	0,54		
Cromo	mg/L	1,1	0,46		
Cinc	mg/L	0,535	0,296	0,20	0,11
α-Terpineol	mg/L	0,042	0,019	0,033	0,016
Analina	mg/L	0,024	0,015		
Ácido benzoico	mg/L	0,119	0,073	0,12	0,071
Naftaleno	mg/L	0,059	0,022		
p-Cresol	mg/L	0,024	0,015	0,025	0,014
Fenol	mg/L	0,048	0,029	0,026	0,015
Piridina	mg/L	0,072	0,025		

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Effluent Guidelines for Centralized Waste Treatment, 40 CFR Part 437.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Agencia Europea, Reino Unido y Agencia de Protección Ambiental de Escocia. 2002. Guidance on Landfill Gas Flaring. Bristol, UK. Disponible en: http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/I1QGOF15CVN430N9A7NM6C0JPFWW88

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), Decision Maker's Guide to Solid Waste Management, Volume II, 1995 (http://www.epa.gov/garbage/dmg2.htm)

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), Center for Environmental Research Information. 1998. Guidance for Landfilling Waste in Economically Developing Countries. Autores: Savage, G.M., L.F. Díaz, C.G. Golueke y Charles Martone. EPA/600/SR-98/040. Cincinnati, OH: US EPA.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Microbiological and Chemical Exposure Assessment Research (MCEARD). Disponible en: http://www.epa.gov/nerlcwww/merb.htm

Cointreau, Sandra. 2006. Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management Special Emphasis on Middle- and Lower-Income Countries. The World Bank Group Urban Papers UP-2. Disponible en: http://www.worldbank.org/urban/uswm/healtheffects.pdf

Comisión Europea, Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB). 2006a. Documento de referencia de mejores prácticas disponibles para el tratamiento de residuos. EIPPCB: Sevilla, España. Disponible en: http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Comisión Europea, EIPPCB. 2006b. Documento de referencia de mejores prácticas disponibles para la incineración de residuos. EIPPCB: Sevilla, España. Disponible en: http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Comisión Europea, EIPPCB. 2006c. Documento de referencia de mejores prácticas disponibles para las emisiones del almacenamiento. EIPPCB: Sevilla, España. Disponible en: http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Comisión Europea. 2003. 2003/33/EC: Decisión del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE. Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003D0033:ES:HTML

Comisión Europea. 1999. Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos. Disponible en: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:ES:HTML

Departamento de Trabajo de Estados Unidos (Department of Labor). 2003. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). CPL 02-02-071 - Technical Enforcement and Assistance Guidelines for Hazardous Waste Site and RCRA Corrective Action Clean-up Operations HAZWOPER 1910.120 (b)-(o) Directive. Washington, DC: OSHA. Disponible en: http://www.osha.gov/

Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), División de Tecnología, Industria y Economía. 2004. Waste Management Planning An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Waste Management, An Introductory Guide for Decision-makers. Integrative Management Series, No 6. Geneva: PNUMA.

PNUMA. 2000a. Secretariado del Convenio de Basilea. Technical Guidelines on Hazardous Wastes: Physico-Chemical Treatment/Biological Treatment. Basel Convention series/SBC No. 02/09. Ginebra: PNUMA.

PNUMA. 2000b. Secretariado del Convenio de Basilea. Technical Guidelines on Wastes Collected from Households. Basel Convention Series/SBC No. 02/08. Ginebra: PNUMA.

PNUMA. 1997a. Secretariado del Convenio de Basilea. Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5). Basel Convention Series/SBC No. 02/03. Ginebra: PNUMA.

PNUMA, Secretariado del Convenio de Basilea. 1997b. Technical Guidelines on Incineration on Land. Basel Convention Series/SBC No. 02/04. Ginebra: PNUMA.

Las siguientes referencias seleccionadas están disponibles en el sitio web del Banco Mundial: http://web.worldbank.org/

Diaz L., Savage G., Eggerth L., Golueke C. "Solid Waste Management for Economically Developing Countries." ISWA, octubre de 1996. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, agosto de 1995, 2ª edición. Para obtener una copia, visitar el sitio web de la International Solid Waste Association (hacer clic sobre Bookshop).

Cointreau, Sandra. "Transfer Station Design Concepts for Developing Countries". Sin fecha.

Cointreau, Sandra. "Sanitary Landfill Design and Siting Criteria." World Bank/Urban Infrastructure Note. Mayo de 1996; actualizado en noviembre de 2004.

Ball, J.M., ed. "Minimum Requirements for Waste Disposal by Landfill". Primera edición, Serie sobre Manejo de Residuos, Ministerio de Agua y recursos Forestales, Pretoria, Sudáfrica, 1994 (pendiente de difusión).

Banco Mundial, Programa de asistencia para la gestión del sector de energía (ESMAP). 2003. Manual para la preparación de proyectos de generación de energía a partir de gas de vertederos en América Latina y el Caribe. Washington DC.

Banco Mundial. 2005. Waste Management in China: Issues and Recommendations. Urban Development Working Papers, East Asia Infrastructure Department. Documento de Trabajo del Banco Mundial nº 9. Washington DC

International Solid Waste Association. "Guide for Landfilling Waste in Economically Developing Countries." CalRecovery, Inc., The International Solid Waste Association, United States Environmental Protection Agency, April 1998. Para obtener una copia, visitar el sitio web de la ISWA y hacer clic sobre Bookshop.

Johannessen, Lars Mikkel. "Guidance Note on Leachate Management for Municipal Solid Waste Landfills". Urban and Local Government Working Paper Series #5, World Bank, Washington, DC, 1999.

Johannessen, Lars Mikkel. "Guidance Note on Recuperation of Landfill Gas from Municipal Solid Waste Landfills". Urban and Local Government Working Paper Series #4, Banco Mundial, Washington, DC, 1999.

Oeltzschner, H. y Mutz, D. "Guidelines for an Appropriate Management of Sanitary Landfill Sites." Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Division 414, Agua, Manejo de Residuos y Proteccón de los Recursos Naturales, Munich, junio de 1996.(Disponible también en español: "Desechos sólidos sector privado/rellenos sanitarios." Programa de Gestión Urbana (PGU), Serie Gestión Urbana Vol. 13, Quito, Ecuador.)

OMS, Oficina Regional para Europa. "Waste Incineration". Copenhague, OMS, Oficina Regional para Europa de la OMS, 1996, Briefing Paper Series nº 6.

Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente. "Landfill of Hazardous Industrial Wastes – a trainer's manual". Informe Técnico PNUMA/ISWA nº 17. 1993.

Thurgood, M., ed. "Decision-Maker's Guide to Solid Waste Landfills". Resumen. Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, y Centro Suizo de Cooperación para el Desarrollo en Tecnología y Gestión, Washington, DC, julio de 1998.

Rand, T., J. Haukohl, U. Marxen. "Municipal Solid Waste Incineration: Decision Maker's Guide". Banco Mundial, Washington, DC, junio de 1999.

Rand, T., J. Haukohl, U. Marxen. "Municipal Solid Waste Incineration: Requirements for a Successful Project". Documento técnico del Banco Mundial nº 462. Banco Mundial, Washington, DC, junio de 1999.

UNFCCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). "Clean Development Mechanism Project Design Document: Salvador Da Bahia LandfillGas Project." ICF Consulting. 3ª versión, junio de 2003.

UNFCCC. "Project Design Document for Durban, South Africa Landfill Gas to Electricity." The Prototype Carbon Fund. Documento final, 15 de abril de 2003.

UNFCCC. "Clean Development Mechanism Project Design Document: Municipal Solid Waste Treatment cum Energy Generation Project, Lucknow, India". Infrastructure Development Finance Company, Ltd., septiembre de 2003.

UNFCCC. "Project Design Document: Brazil NovaGerar Landfill Gas to Energy Project". Eco Securities. 14 de julio de 2003.

UNFCCC. "Project Design Document: CERUPT Methodology for Landfill Gas Recovery Project – Tremembe, Brazil". Onyx. Sin fecha.

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Descripción y definición de residuos

Residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales (RSM) incluyen típicamente basuras domésticas, residuos institucionales, barreduras de calles, residuos comerciales y escombros de construcción y demolición. La composición de estos residuos es extremadamente variable, dependiendo del nivel de ingreso y del estilo de vida de quienes los generan. Los RSM pueden incluir papel y materiales de envasado; productos alimentarios; materia de origen vegetal como los detritos de jardín; metal; goma; textiles; y materiales potencialmente peligrosos como pilas, componentes eléctricos, pinturas, lejías y medicamentos. En los países en desarrollo, los RSM pueden contener también residuos industriales procedentes de pequeñas industrias, así como animales muertos y materia fecal. En general, el contenido de residuos orgánicos es mayor (hasta un 70 – 80 por ciento) en los países en desarrollo que en los países industrializados, y el contenido en residuos de envasado es menor, lo que hace que los RSM en los países en desarrollo sean relativamente densos y húmedos.

Residuos industriales

Las clases de residuos generados en las empresas industriales dependen de los procesos de fabricación empleados y de las prácticas de manejo de residuos. En algunos casos, los residuos específicos del sector que se generan en instalaciones industriales se eliminan en vertederos municipales. Este tipo de residuos puede consistir en escoria procedente de plantas metalúrgicas y acerías, cenizas, residuos de la limpieza de gases de escape, cortezas, madera, serrín, líquidos de corte, aceites usados, residuos orgánicos de la industria alimentaria y lodos (orgánicos e inorgánicos). Algunos de los residuos generados en las industrias pueden ser peligrosos.

Recolección y transporte de residuos

Los residuos domésticos suelen recogerse de los hogares individuales en las aceras o de estaciones de recolección situadas en cada vecindario en contenedores y tolvas específicos.

Los vehículos de recolección pueden ser carros tirados por caballos, camionetas o vehículos compactadores de carga trasera con una capacidad de aproximadamente 6 – 10 metros cúbicos (o hasta 10 toneladas). Uno de los problemas más frecuentes en los países en desarrollo ha sido tradicionalmente la ausencia de un servicio de recolección de las basuras domésticas en los vecindarios de bajos ingresos con una infraestructura de carreteras deficiente; en estos lugares, lo más eficaz suele ser utilizar vehículos más pequeños.

Dependiendo del tipo, características, volumen y compatibilidad de las distintas categorías de residuos peligrosos, los generadores pueden almacenarlos en contenedores, tolvas, tambores, tanques superficiales o subterráneos, etc. Este tipo de residuos suele transportarse hasta las plantas de tratamiento o eliminación en camiones (en caso de utilizarse tambores, tolvas o contenedores) o, en caso de trasladarse volúmenes mayores, en camiones cisterna.

Estaciones de transferencia

Las estaciones de transferencia sirven como puntos de recolección para que los camiones de recolección de basura y madera de poda transfieran su carga a otros vehículos de carga mayores. Los camiones de recolección pequeños descargan los residuos sobre un suelo de hormigón o en una tolva; a continuación, los residuos se vuelven a compactar y se cargan en contenedores (con una capacidad típica de 20 metros cúbicos), o bien directamente en semirremolques

especialmente diseñados. En términos generales, para optimizar y reducir el número de viajes hasta la planta de tratamiento/eliminación, las estaciones de transferencia son aconsejables cuando la distancia hasta la planta supera los 30 km. En algunos casos, la distancia hasta la planta de tratamiento/eliminación puede ser menor y seguir siendo viable si las carreteras no se hallan en buenas condiciones.

Recepción de los residuos

Cuando los vehículos colectores o vehículos de transporte de largo recorrido lleguen a la planta de tratamiento o descarga, los residuos se someterán a inspección visual y se verificará que los documentos se corresponden con la carga actual. En ciertos casos, se toman muestras de residuos para analizarlas (por ejemplo, si los residuos van a ser tratados biológicamente donde se utiliza el producto final y se exige concentraciones bajas de contaminantes, tales como metales pesados).

Tratamiento y eliminación de residuos

Tratamiento biológico

Compostaje

En términos generales, el objetivo del proceso de compostaje es descomponer los sólidos orgánicos en presencia de aire y humedad para producir una sustancia húmica que sirve para mejorar la tierra. Las ventajas económicas incluyen la reducción del volumen de residuos depositados en vertederos (prolongando la vida del vertedero y evitando o retrasando la construcción de vertederos adicionales) y la generación de nutrientes agrícolas con valor comercial.

Las categorías de residuos más aptas para el compostaje son residuos de parques, patios y jardines, el papel, los envases de papel, los restos de comida, el estiércol y otros tipos de residuos orgánicos. En el caso de los residuos animales, los residuos deben depurarse antes de proceder al compostaje.

Existen varios métodos para llevar a cabo el compostaje centralizado; el más común y sencillo es el sistema de hileras aireadas, en que los residuos se distribuyen en hileras y se les aplica oxígeno procedente de sistemas de ventilación subyacentes activos o pasivos. Otros métodos consisten en sistemas cerrados, como por ejemplo los métodos de tambor, túnel y membranas. Las condiciones operativas y la generación de olores en los sistemas cerrados suelen ser más fáciles de controlar y representan una ventaja definitiva sobre los sistemas abiertos.

Digestión anaerobia

Las instalaciones para la digestión anaerobia son ideales para el tratamiento de las mismas clases de residuos orgánicos que pueden ser compostados, incluyendo los residuos procedentes de los restos de comida domésticos, papel de seda, residuos de jardinería como cortes de hierba, hojas; residuos de procesamiento de alimentos, como verduras, queso, carne, azúcar; estiércol y residuos animales; residuos de matadero; lodos de alcantarilla; y residuos de cultivos.

Los requisitos de calidad de los residuos que se utilizan en la planta de digestión suelen ser mayores que los que se aplican al compostaje, que requiere residuos más homogeneizados y heterogéneos.

Los residuos orgánicos se tratan en contenedores cerrados en ausencia de aire, aumentando la generación de biogás (cerca del 55-70% de metano) que puede recuperarse para su uso posterior como fuente de combustible. Los residuos semisólidos (digeridos) suelen tratarse mediante digestión aerobia y pueden utilizarse como fertilizantes agrícolas.

Tratamiento químico y físico

Los métodos de tratamiento químico y físico son variados y complejos, pero pueden incluir: absorción, evaporación, destilación, filtración, oxidación/reducción química,

neutralización, precipitación, extracción con disolventes, disolución / desorción, separación por membrana, intercambio iónico y solidificación. El sistema de tratamiento puede consistir en uno de estos métodos o en una combinación de múltiples operaciones de tratamiento. Dado que la mayoría de estos sistemas operan de forma continua, requieren una fuente de material fiable, preferentemente homogénea.

Incineración

El tratamiento térmico en plantas de incineración puede utilizarse para todas las clases de residuos orgánicos, incluidos los residuos peligrosos y los residuos domésticos mixtos. Los incineradores de RSM reducen el volumen de residuos en aproximadamente un 90% y su peso en aproximadamente un 75%, y los incineradores de residuos peligrosos pueden alcanzar porcentajes de reducción del volumen y el peso de los residuos mucho mayores, dependiendo del contenido inorgánico de los residuos. Algunas de las plantas incineradoras que funcionan en la actualidad son instalaciones de conversión de residuos en energía que pueden utilizar el proceso de combustión para generar vapor y electricidad. Las instalaciones de conversión de residuos en energía pueden ser plantas de combustión en masa o de combustible derivado de residuos. Las plantas incineradoras suelen manejar entre 15.000 y 500.000 toneladas de residuos al año. En las plantas de combustión en masa, los residuos se inyectan en la caldera sin que se realice ningún tipo de procesamiento o selección previos de los materiales no combustibles.

La mayor parte de las plantas de combustión en masa emplean incineradores de parrilla y funcionan a temperaturas de al menos 850ºC, aunque en el caso de los residuos peligrosos se emplean temperaturas más elevadas. Independientemente del tipo de sistema de incineración, suele ser necesario el tratamiento de los gases de escape. Los desechos residuales generados por el proceso de incineración incluyen escoria, cenizas y residuos del tratamiento de los gases de escape.

Vertido de residuos

El vertido de residuos puede utilizarse para la mayoría de los tipos de residuos, pero idealmente sólo debe emplearse para la materia inerte. Un vertedero sanitario moderno es una instalación diseñada para la eliminación de los residuos sólidos municipales diseñada y operada para minimizar los impactos sobre la salud pública y el medio ambiente.

Los vertederos suelen consistir en diversos compartimientos en los que se vierten de forma sistemática los residuos. Pueden utilizarse compactadores para reducir el volumen de residuos mejorar la acumulación de las celdas. La base del vertedero consiste normalmente de un revestimiento que minimiza la filtración de los residuos líquidos del vertedero en el sistema de aguas subterráneas. A medida que se acumulan los residuos en capas, se van cubriendo a diario para impedir el escape de papel, polvo y olores al medio ambiente. Los lixiviados que se generan pueden ser recolectados y tratados. Si se vierten residuos orgánicos, se generará gas de vertedero que puede ser recolectado y utilizado o quemado.